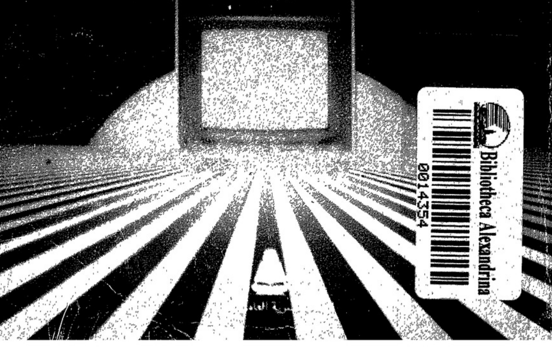
الألف كتاب الثاني
٢٠٨

إسحق عظيموف

العلم وآفاق المستقبل

ترجمة : د/ السيد عطا



العلم وآفاق المستقبل

الألف كتاب الثانى

الإشراف العام

د. سمير سرحان

رئيس مجلس الإدارة

مدير التحرير

أحمد صليحة

سكرتير التحرير

عزت عبدالعزيز

الإخراج الفنى

لمياء محرم

العلم وآفاق المستقبل

تأليف
إسحق عظيموف
ترجمة
د. السيد عطا



الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٩٩٥

الفهـــــرس

مقـــــدمة

لقد كتبت حتي الآن ٣٢٩ مقالة علمية لمجلة « الابداع والخيال العلمى » ، بواقع مقالة فى كل عدد شهرى على مدى ٢٧ ٥/١٢ سنة بلا انقطاع ! وقد حرصت عـــلى جمع كل ست مقالات فى كتيب ، وبعض المقـــالات مكـــررة في أكثر من كتيب ، غير أن هذا الكتاب : « العلم وآفاق المستقبل » يضم آخر ١٧ مقالة من رقم ٣١٣ حتى ٣٢٩ ٠

ولا شـــك أن كتابة مثـــل هذا العدد من المقالات ليست بالأمر الهين ، حتى بالنسبة لشخص يعشق الكتابة مثلى ويجدها باليسر الذى أراه ٠

ولعل وجه الصعوبة يتمثل فى احتمال أن يبـــدأ المـــرء يكرر نفسه ! وأعتقد أنه من المستحيل أن يتلافى المرء ذلك الاحتمال تماما، فينبغى أن تكون كل مقالة مكتملة ، تحسبا لأن تنشر فى العدد الوحيد الذى قد يقع بالصدفة بين يدى واحد من القراء العابرين، ولذلك أجدنى فى كثير من الأحيان مضطرا لشرح شىء تناولته بالشرح فى مقالة سابقة ٠ وقد أكتفى فى بعض الأحيان ، اذا كان الأمر ثانويا ، باللجوء الى الكتابة الهامشية أو بتوجيه القارىء الى المقالة التى تتضمن التفسير المعنى فى الكتاب أو حتى فى كتاب آخـــر ٠ أما لو كانت المسألة جوهرية ، فلا مفر من اعادة الشرح ٠

ولـــكن ماذا لو حدث وكررت دون أن أتنبه ، مقـــالة كاملة تناولتها من قبل ؟ لقد حدث ذلك بالفعل خلال الفترة التى كتبت فيهـــا المقـــالات السبـــع عشرة الواردة فى هـــذا

الكتاب • وسوف يجد القارىء هذه القصة المروعة (بالنسبة لى على الأقل) فى فقرات المقدمة للفصل السادس •

ومن حسن الطالع انى أدركت ذلك قبل فوات الأوان ، ولكن سيأتي الوقت لا محالة (لو طال بى العمر وبدأت الشيخوخة تنخر في عقلي وتعبث بذاكرتى) الذى أقع فيه في محظور تكرار مقالة دون أن أتنبه انى قد كتبتها من قبل • واذا لم يكتشف رئيس تحرير مجلتنا المبجل هذا الخطأ (وما الذى يبعثه على ذلك ؟) فسوف تنشر المقالة ، وعندئذ سوف يرسل لى ما يصل الى ألف من القراء دمثيالخلق يلفتون نظرى الى هذه الزلة ، أما البعض الأقل لطفا فسوف ينسبون ذلك بلا شك الى عته الشيخوخة ، أو ما يعرف حاليا باسم « مرض الزهايمر » (أيها الدكتور المسكين الزهايمر، أية طريقة تحقق لك بها الخلود !) •

وحتي لو نحينا ذلك الاحتمال جانبا ، فماذا عن مسألة تحقيق توازن معقول بين كل هذه المقالات !

وكان قد قيل لى ، عندما طلبت منى المجلة كتابة هذه المقالات ، ان لى مطلق الحرية فى اختيار المواضيع ما دمت أرى أن ما اختاره يقع فى دائرة اهتمام قراء المجلة • ولاشك أنهم كانوا يتوقعون أن يكون الطابع العلمى هو السمة الغالبة فى هذه الموضوعات ، حيث يصف الاتفاق المبرم بيننا نوع العمل المطلوب بأنه « مقالة علمية » •

ولم يزعجنى ذلك مطلقا ، فأنا مولع بلا حدود بالعلوم، وذلك بكل تأكيد هو حال قراء الخيال العلمى • ومع ذلك كنت فى بعض الأحيان أستغل حرية الاختيار التى منحتنى اياها المجلة فأكتب مقالات تتعلق فى المقام الأول بالتاريخ أو الاجتماع أو بمجرد طرح وجهات نظرى فى هذا الموضوع أو ذاك ، بل بلغ بى الأمر أن اقتصرت فى عدد من المقالات على الحديث عن سيرتى الذاتية •

ولم يكن ذلك يحدث كثيرا ، ولكن المجله ظلت عند وعدها ، فلم يحدث مطلقا ان اعيدت الى مقالة ، او حتى طلب منى تعديل جملة واحدة في أى موضوع تناولته ٠

ومع ذلك فلن يضيرنا أن نستبعد هذه المقالات التى حدنا فيها عن الخط ، حيث ان ما يربو على ٩٥٪ من المقالات تتركز على شتى فروع العلم ٠

ولعلى آتساءل الآن : هل وازنت بين مختلف فروع العلم؟ ولعلكم تتساءلون : هل كنت آجلس أمام الآلة الكاتبه واراجع بعض المعادلات الرياضية ثم أقول : « نعم ٠٠ انه دور الكتابة عن الفيزياء الحيوية أو الأنثروبولوجيا آو الكيمياء الفلكية»؟

لا ٠٠ لا أستطيع ذلك ، فهذا من شأنه أن يصعب الامر وأن يفقدنى حرية الحركة ٠ ولذلك ، فقد ألجأ ــ عندما يتم الشهر دورته ــ الى استفتاء نفسى واستطلاع ما تميل اليه ٠٠ وكانت الفكرة تواتينى أحيانا على التو، أو تستغرق بعض الوقت فى أحيان أخرى ، ولكن أينما تتجه نفسى ، فهذا هو موضوعى ٠

ويختل التوازن نتيجة لذلك ، فمن شأن بعض فروع العلم أن تستهوينى أكثر من غيرها ، وربما كتبت فى هذه المواضيع أكثر مما تستحقه ٠

ولم يحدث مطلقا أن أجريت تحليلا احصائيا لما كتبت ، ولكن لدى انطباعا قويا بأن الموضوعات المتعلقة بعلم الفلك فاقت غيرها من أفرع العلم الأخرى ٠ ولا غرابة فى ذلك فالفلك هو العلم المفضل والمحبب الى نفسى ، رغم أننى لم أتلق أية دراسة عن الفلك سواء فى الجامعة أو المدرسة ، ولكن بما انى من هواة الخيال العلمى لأكثر من نصف قرن ، فلابد أن يشكل الفلك جانبا كبيرا من عالمى ٠ (وكان أحد القراء قد طلب منى بغضب شديد ذات مرة أن آقلل من المقالات المخصصة لعلم الفلك، ولم أعره بالطبع أى التفات) ٠

وأعتقد فى المقابل أن الكيمياء كانت آقل فروع العلم حظا فى مقالاتى (بالنظر الى أهميتها) • وقد يبدو ذلك غريبا ، فلقد كانت الكيميـاء هى التخصص الذى حصلت فيه على درجة الدكتوراه منذ قرون مضت (هكذا يبدو الأمر بالنسبة لى) • والأكثر من ذلك انى مازلت أحتفظ بمنصبى الأكاديمى كأستاذ للكيمياء الحيوية فى كلية الطب بجامعة بوسطن • لماذا اذن لا أكتب فى الكيمياء ؟

ثمة سببان لذلك : الأول هو أنى أعرف الكثير فى هذا العلم ولذلك أجد صعوبة فى الحديث عنه بشـكل واضح يسير ، حيث أميل دائما ، ورغما عنى الى التعمق لأكثر مما تحتمل المقالة • والثانى هو أنى قد سئمت نوعا ما ، بعد كل هذه السنين من دراسة هذا العلم وتدريسه، الحديث فيه •

ومن ثم ، لكم أن تتخيلوا مقدار دهشتى حين أكتشف وأنا أجمع هذا الكتاب أن المقالات السبع عشرة الأخيرة قد خرجت عن المألوف ، حيث انصبت احدى عشرة واحدة منها على الكيمياء ! أما المقـالات الست الأخرى فهى تتحدث عن الفلك ، ومع ذلك احتلت الكيمياء مساحة كبيرة فى اثنتين منها •

ولم يحدث ذلك من قبل مطلقا ! وليس بوسعى الا أن أعرب عن أملى فى ألا يسبب لكم ذلك أى ازعاج • والواقع انى لست متكبرا لدرجة تحـول دون أن أسألكم معـروفا ، فأرجوكم لا تدعوا ذلك يزعجكم •

الجزء الأول

الكيمياء الطبيعية

الفصل الأول

بالتخليق وليس بالاكتشاف

تلقيت ذات يوم اعلانا من احدى المجلات المعنية بأمور التأليف يدعونى للاشتراك فيها ٠

والواقع أن ذلك المسعى من المجلة لم يكن سوى ورقة خاسرة ، فلا أنا أهوى الاشتراك فى مثل هذه المجلات ولا ألقى بالا لكتب تعليم الكتابة، ولا أتلقى دروسا فى هذا الموضوع٠ ففى المرات القليلة التى تصادف أن احتككت فيها بمثل تلك المسائل كنت أكتشف أن الكثير مما أفعله ، ولا أفعله ، ملىء بالأخطاء ، وكان ذلك يصيبنى بالاحباط ويثير سخطى ٠ ولو أنى توسعت فى البحث عن أخطائى لعجزت عن الكتابة وعن ترويج كتبى ، وذلك مآل الموت أهون منه ٠

وبينما كنت أتصفح الاعلان بغير اكتراث لفت نظرى أنه موجه لى بصفة شخصية ، وكان يقول :

« تخيل كم هو رائع أن تكتب على صفحات مجلة قومية أو غلاف واحد من أكثر الكتب رواجا فى البلاد عبارة (بقلم اسحق عظيموف) » ٠

وتعجبت ، فلماذا أتخيل شيئا هو يحدث بالفعل !

ومضى الاعلان يحدثنى بصفة شخصية ويقول : «لا شىء يضارع أن ترى اسمك على أحد المطبوعات ، أو يضارع الدخل الاضافى الذى يمكن أن يعود عليك من بيع المخطوطات ٠٠ لديك اليوم أربعة أسباب وجيهة لتكون كاتبا مستقلا٠٠ انها محاولة أخرى ٠٠٠! » ٠

محاولة أخرى ؟ اننى لم أنته بعد من المحاولة الأولى !

من الواضح أن الكمبيوتر ليس مبرمجا لرفع أسماء الكتاب العاملين فعلا من قائمته • أو لعل ذلك الاسم الروسى العجيب الذى أحمله لم يقنع الكمبيوتر بأنى كاتب بالفعل •

وليس ذلك بأمر مستبعد ، فلقد كان أيضا الاسم الروسى العجيب هو أحد الأسباب الرئيسية التى أدت الى حرمان الكيميائى الروسى دميترى ايفانوفيتش مندليف (١٨٣٤ — ١٩٠٧) من نيل جائزة نوبل لعام ١٩٠٦ رغم أنه حقق ما يمكن أن يعد بالفعل أهم انجاز كيميائى فى القرن التاسع عشر •

ومن هذا المنطلق سنبدأ بمندليف •

●●●

فى عام ١٨٦٩ أعد مندليف الجدول الدورى للعناصر ، وهو جدول صنف فيه العناصر وفقا لأوزانها الذرية ، ورتبها في صفوف وأعمدة بحيث تقع العناصر المتماثلة فى خصائصها الكيميائية فى نفس الصف •

ولقد اقتضى ترتيب العناصر بشكل صحيح فى الجدول ترك بعض المربعات فارغة ، غير أن مندليف كان على ثقة كبيرة بأن هذه الفراغات سوف تملأ بعناصر لم تكتشف بعد •

وكانت هناك فراغات أسفل عناصر الألمنيوم والبورون والسيليكون ، وأطلق مندليف على العناصر التى توقع أنها ستملأ تلك الفراغات « اكا ألمنيوم » و « اكابورون » « واكا سيليكون » • ويعنى لفظ « اكا » فى اللغة الهندية القديمة « واحد » ، والمقصود هنا أن العناصر الغائبة هى تلك التي تلى مباشرة الألمنيوم والبورون والسيليكون •

ولقد تبين مع الوقت أن مندليف كان صائبا تماما فيما ذهب اليه • ففى عام ١٨٧٥ اكتشف العنصر اكا ألمنيوم

وأطلق عليه اسم « جاليوم » ، وفى عام ١٨٧٩ اكتشف الاكابورون وسمى « سكانديوم » ، ثم فى عام ١٨٨٥ اكتشف الاكاسيليكون عرف باسم « جرمانيوم » • وكانت خصائص العناصر الجديدة تتفق تماما مع تلك التى تنبأ بها مندليف من منطلق الانتظام الذى ينم عنه الجدول الدورى •

غير أن اثنين من الفراغات التى حددها مندليف ظلا شاغرين حتى وفاته • ويقع الفراغان ، الواحد تلو الآخر ، أسفل عنصر المنجنيز • وقد أطلق على الأول « اكامنجنيز » وعلى الثانى « دفاى ــ منجنيز » • ولفظ « دفاى » معناه فى الهندية القديمة « اثنين » •

وبعد سبع سنوات من وفاة مندليف ، وعلى وجه التحديد فى عام ١٩١٤ ، أعاد الفيزيائى الانجليزى هنرى جوين ــ جيفريز موسلى (١٨٨٧ ــ ١٩١٥) تفسير الجدول الدورى وفقا للنظريات الجديدة للتركيب الذرى • وقد أتاح موسلى بهذا التفسير تخصيص «رقم ذرى» مميز لكل عنصر • وبذلك صار واضحا أنه لا مجال لتوقع اكتشاف عنصر جديد يقع ترتيبه بين عنصرين لهما رقمان ذريان متتاليان • وذلك يعنى أيضا أن أى مكان شاغر فى قائمة الأرقام الذرية انما يخص عنصرا لم يكتشف بعد •

ورغم أن مكان كل من العنصرين المجهولين «اكا منجنيز» و « دفاى ــ منجنيز » ظل شاغرا فى عهد موسلى ، الا أنه تم تحديد الرقم الذرى لكل منهما ، فأصبح اكا منجنيز هو العنصر ٤٣ # ودفاى ــ منجنيز ــ العنصر ٧٥ # ، وسنرمز لهما من الآن فصاعدا بهذين الرقمين •

وكان قد تم فى ذلك الوقت اكتشاف الاشعاع الذرى ، وبدا أن كل العناصر ذات الأرقام الذرية من ٨٤ فأكثر هى عناصر مشعة ، بينما تلك التى يبلغ رقمها الذرى ٨٣ فأقل فانها تبدو مستقرة •

ولعلنا الآن ننحى العناصر المشعة جانبا ونتناول العناصر المستقرة ، وسنبدأ بالقاء الضوء على ما نعنيه بقولنا « عنصر مستقر » ٠

فى عام ١٩١٣ أثبت الكيميائى الانجليزى فريدريك سودى (١٨٧٧ ـ ١٩٥٦) أن كل عنصر ينقسم الى عدة أنواع اسماها « النظائر » (isotopes) ٠ وتحتل نظائر العنصر الواحد نفس المكان فى الجدول الدورى ، والواقع أن كلمة (isotope) تعنى فى اليونانية « نفس المكان » ٠

وقد اتضح أن كل العناصر بلا استثناء لها عدد من النظائر ، ويصل هذا العدد فى بعض الأحيان الى أربع وعشرين ٠ ويتمثل وجه الاختلاف فيما بين نظائر العنصر الواحد فى التركيب النووى ، فهى تتماثل كلها فى عدد البروتونات فى النواة (وهو ما يمثل الرقم الذرى للعنصر) ولكنها تختلف من حيث عدد النترونات ٠

أما العناصر ذات الرقم الذرى ٨٤ فأكثر فتتسم نظائرها بعدم الاستقرار ٠ وتتميز كل النظائر المعروفة لهذه العناصر بخاصية الاشعاع ولكن بدرجات متفاوتة ٠ وتتسم ثلاث من تلك النظائر بمعدل اشعاعى بالغ الضآلة بحيث قد يبقى جزء كبير من ذراتها على حاله دون تحلل لعصور طويلة ٠ وهذه النظائر هى اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥ والثوريوم ٢٣٢ ٠

ويمثل الرقم المصاحب لاسم كل من هذه النظائر اجمالى عدد ما تحتويه النواة من بروتونات ونترونات ٠ ولما كان الرقم الذرى لليورانيوم هو ٩٢ ، فهذا يعنى أن اليورانيوم ٢٣٨ يحتوى فى نواته على ٩٢ بروتونا علاوة على ١٤٦ نترونا فيصبح المجموع ٢٣٨ ، ويحتوى اليورانيوم ٢٣٥ فى نواته على ٩٢ بروتونا و ١٤٣ نترونا ٠ أما الثوريوم

فرقمه الذرى ٩٠ ، ومن ثم تحتوى نواة التوريوم ٢٣٢ على ٩٠ بروتونا و ١٤٢ نترونا ٠

وفيما يتعلق بالعناصر ذات الرقم الذرى ٨٣ فأقل ، فيتسم كل ما كان معروفا منها فى عهد موسلى وسودى بأنه يشتمل على واحدة وأكثر من النظائر المتميزة بالاستقرار ٠ أى أنها تبقى بلا تغيير لفترات زمنية غير محدودة ٠ فالقصدير على سبيل المثال له عشر نظائر تتصف كلها بالاستقرار وهى القصدير ـ ١١٢ و ١١٤ و ١١٥ و ١١٦ و ١١٧ و ١١٨ و ١١٩ و ١٢٠ و ١٢٢ و ١٢٤ ٠ أما الذهب فهو عنصر مفرد (الذهب ١٩٧) ٠

وتكاد الطبيعة فى الواقع تقتصر على النظائر المستقرة ، أما النظائر المشعة فهى نادرة ونشاطها الاشعاعى ضعيف للغاية ٠ ويعزى وجود معظم النظائر المشعة لما يستحضر من كم ضئيل منها فى المعامل عن طريق التفاعلات النووية ٠

وعندما أعد موسلى قائمة العناصر وفقا للأرقام الذرية ، ظلت أربعة أماكن شاغرة لعناصر مجهولة من الفئة ذات الرقم الذرى ٨٣ فأقل ، وهذه العناصر هى ٤٣# ، ٦١ # ٧٢ # ، ٧٥ # ٠ وكان الكيميائيون على يقين بأن هذه العناصر الأربعة ستكتشف مع الوقت وبأنها مستقرة أو (وهذا ما كان ينبغى أن يقال) يشتمل كل منها على واحد على الأقل من النظائر المستقرة ٠

ويقع العنصر ٧٢ # أسفل الزركونيوم مباشرة فى الجدول الدورى ، ومن ثم يمكن أن يطلق عليه اسم « اكازركونيوم » وفقا لأسلوب مندليف ٠ ويتسم ذلك العنصر فى الواقع (على نحو ما هو معروف حاليا) ، بأنه شديد الشبه بالزركونيوم من حيث الخصائص الكيميائية ،

بل ان العنصرين يمثلان توءما فى تقارب خصائصهما أكثر من أى عنصرين آخرين فى الجدول الدورى ·

ولذلك غالبا ما كان العنصر ٧٢# يفصل مع الزركونيوم عند عزله عن العناصر الأخرى ، حيث تعتمد عملية العزل فى المقام الأول على تباين الخصائص الكيميائية · ولم يكن الكيميائيون قبل عام ١٩٢٣ يدرون أن كل عينة مستخلصة من الزركونيوم تحتوى على نحو ٣ فى المائة من العنصر ٧٢# ·

وعندما لجأ العالمان ، الفيزيائى الهولندى ديرك كوستر (١٨٨٩ ـ ١٩٥٠) والكيميائى المجرى جيورجى هيفيسى (١٨٨٥ ـ ١٩٦٦) ، وكانا يعملان فى كوبنهاجن ، الى استخدام القذف بالأشعة السينية ، تبين صحة ما أثبته موسلى من أن العامل الفيصل فى التمييز بين العناصر هو الرقم الذرى وليس الخصائص الكيميائية ، وهذا يعنى أن العنصر ٧٢# لو كان موجودا فى خام الزركونيوم فسوف يتفاعل، عند التعرض للقذف بالأشعة السينية ، بطريقة مختلفة عن الزركونيوم، بغض النظر عن مدى تماثل الخصائص الكيميائية للعنصرين · وفى يناير ١٩٢٣ تمكن كوستر وهيفيسى أخيرا من اكتشاف وجود العنصر ٧٢# فى الزركونيوم ومن فصله بكمية تكفى لدراسة خصائصه ·

وقد أطلق العالمان # على العنصر ٧٢ # « هافنيوم » نسبة الى الاسم اللاتينى لكوبنهاجن حيث تم اكتشاف ذلك العنصر · وقد تبين أن الهافنيوم له ست نظائر مستقرة هى الهافنيوم ـ ١٧٤ و ١٧٦ و ١٧٧ و ١٧٨ و ١٧٩ و ١٨٠ ·

وفى نفس الوقت كان ثلاثة من الكيميائيين الألمان يعملون على اكتشاف العنصرين المجهولين ٤٣ # و ٧٥ # (اكا ودفاى منجنيز) · والكيميائيون الثلاثة هم والتر كارل فريدريك نوداك (١٨٩٣ ـ ١٩٦٠) وأيدا ايفاتاكى

(١٨٩٦ ـــ) ، التى تزوجت نوداك ، وأوتوبيرج • وقد استدل العلماء الثلاثة بالعلاقة بين العنصرين المجهولين والمنجنيز للتهكن بخصائصهما الكيميائية ، ومن ثم حددوا بدقة نوعية الصخور المعدنية التى قد تحتوى على كميات معقولة منهما •

وفى يونيو ١٩٢٥ ، توافرت أخيرا لدى الكيميائيين الثلاثة دلائل واضحة على وجود العنصر ٧٥ # فى خام معدن يعرف باسم جادولينايت ، وتمكنوا فى العام التالى من استخراج جرام واحد من ذلك العنصر وحددوا خصائصه الكيميائية • وقد أطلقوا عليه اسم « رينيوم » نسبة الى الاسم اللاتينى لنهر الراين فى ألمانيا الغربية •

وثبت أن الرينيوم له اثنتان من النظائر المستقرة هما الرينيوم ١٨٥ والرينيوم ١٨٧ •

واذا لم يكن الهافنيوم من العناصر شديد الندرة ، حيث انه أكثر شيوعا من القصدير والزرنيخ والتنجستين ولكن تأخر اكتشافه بسبب صعوبة فصله عن الزركونيوم ، فان الرينيوم يعد من أكثر العناصر ندرة حيث لا تتجاوز نسبة شيوعه خمس درجة الذهب أو البلاتين ، ويدلل ذلك على مدى صعوبة اكتشافه •

وعلاوة على الرينيوم ، أعلن نوداك وتاكى وبيرج أيضا اكتشاف العنصر ٤٣ # وأسموه « ماسوريوم » نسبة الى منطقة فى بروسيا الغربية كانت فى ذلك الحين جزءا من ألمانيا وصارت الآن تابعة لبولندا •

غير أن الكيميائيين الثلاثة وقعوا فريسة للهفة والعجلة فيما يتعلق بالعنصر الأخير فجانبهم الصواب، حيث لم يستطع أحد بعدهم اثبات نتائجهم وبالتالى سقط « الماسوريوم » من اليقين الكيميائى • لقد جاء الاعلان عن ذلك الاكتشاف مبتسرا ومن ثم ظل العنصر ٤٣ #مجهولا •

وحتى عام ١٩٣٦ ، ظلت قائمة العناصر ذات الرقم الذرى ٨٣ فأقل تشتمل على فراغين يتعلقان بالعنصرين ٤٣ # و ٦١ # • لقد أصبحت تضم واحدا وثمانين عنصرا معروفا ، كل منهم على هيئة واحدة أو أكثر من النظائر المستقرة ، علاوة على عنصرين لا أثر لهما فيما يبدو •

وبعد الاعلان عن استبعاد الماسوريوم ، استأنف البحث فيزيائى ايطالى يدعى ايميليو سيجرى (١٩٠٥ ـ) • غير أن كل محاولات لفصل العنصر ٤٣ # من صخور المعادن الخام المحتمل وجوده فيها باءت بالفشل • ولكن لحسن الطالع كان لسيجرى ميزة العمل من قبل مع الفيزيائى الايطالى انريكو فيرمى (١٩٠١ ـ ١٩٥٤) •

كان فيرمى يركز أبحاثه على النترون، الذى كان للفيزيائى الانجليزى جيمس شادويك (١٨٩١ ـ ١٩٧٤) السبق فى اكتشافه فى عام ١٩٣٢ • وكانت التجارب المتخصصة حتى ذلك الحين تتمثل غالبا فى تعريض الذرات للقذف بجسيمات ألفا ، وكانت تلك الجسيمات ، التى تحمل شحنة كهربية موجبة ، تصد وترتد بسبب النويات الذرية التى تحمل شحنة كهربية مماثلة ، وكان ذلك يزيد من صعوبة انجاح التفاعلات النووية •

أما النترونات فهى لا تحمل شحنات كهربية ، ومن ثم لن تقاومها النويات الذرية • وقد أثبتت التجارب بالفعل أن النترونات تقرع النوايات الذرية بشكل أيسر وأنجح من الجسيمات ألفا • واكتشف فيرمى أيضا أن تمرير النترونات فى وسط مائى أو فى برافين قبل استخدامها فى عملية القذف يكسبها مزيدا من الفاعلية • من شأن النترونات اذن أن تقرع النويات الذرية لعناصر مثل الهيدروجين أو الأكسجين أو الكربون ثم ترتد دون أن تتفاعل معها • وتفقد النترونات ـ التي تتسم في البداية بسرعة

الانطلاق ـ بعضا من طاقتها فى هـذه العمليـة علاوة عـلى ما تفقده أصلا نتيجة تمريرها فى الماء أو البرافين • ومن شأن مثل هذه النترونات البطيئة أن تصطدم بالنويات بقوة محـدودة ، فتقـل فرصـة ارتدادها بينما يزيد احتمـال تغلغها فى النواة •

وعنـدما يلج مثـل هـذا النترون البطىء فى النـواة الذرية ، عادة ما تحرر تلك النواة جسيما بيتا (الذى يعد فى الواقع الكترونا سريع الحركة) ، وبالتالى تفقد النواة الشحنة السالبة لذلك الالكترون ، أو بمعنى آخر تكتسب شحنة ايجابية ، وذلك يوازى القـول بأن أحد النترونات فى النواة قد تحول الى بروتون • وبما أن النـواة اكتسبت بذلك بروتونا فان رقمها الذرى سوف يزيد بمقدار واحد عن ذى قبل •

وقد أجرى فيرمى تجارب عديدة بالقذف بالنترونات لتحويل عنصر ما الى العنصر الذى يليـه مبـاشرة فى الرقم الذرى (أى بفارق واحد) • وفى عام ١٩٣٤ أجرى هـذه التجربة عـلى اليورانيوم • وكان اليورانيـوم برقمه الذرى ٩٢ ، يتصدر كل العناصر المعروفة ، ومن ثم اعتقد فيرمى أن بوسعه الحصول بهذه الطريقة على عنصر جديد هو العنصر ٩٣ # وهو عنصر لم يكن له وجود فى الطبيعة (حسب علمهم فى ذلك الحين) • وتصور فيرمى أنه نجح فى تجربته ، غـير أن النتـائج كانت معقـدة بدرجة حالت دون تأكيـد ذلك الاعتقاد، بل انها أسفرت عن شىء يتجاوز فى اثارته (وأيضا شؤمه) مجرد تخليق عنصر جديد •

وقد استفاد سيجرى من أبحاث فيرمى • فاذا كان فيرمى قد حاول تخليق عنصر جـديد من اليورانيـــوم ٩٢ ، فلم لا يطبق نفس الأسلوب على عنصر لا يتذيل الجدول الدورى؟ وما دام قد تعذر على الكيميائيين العثور على العنصر ٤٣ #

فلم لا يسعون الى تخليقه، وذلك عن طريق تعريض الموليبدينوم (رقم ذرى ٤٢) الى القذف بالنترونات ؟

وقام سيجرى بزيارة جامعة كاليفورنيا وناقش الأمر مع الفيزيائى الأمريكى ارنست أورلاندو لورانس (١٩٠١ ــ ١٩٥٨) • وكان لورانس قد اخترع السيكلوترون ، وهو جهاز كان فى ذلك الحين يحتل مركز الصدارة فى العالم من حيث اتاحة اجراء أعنف عمليات للقذف بالجسيمات دون الذرية • وقد فكر لورانس فى استخدام جهازه لتكوين شعاع قوى من « الدترونات » ، أى نوى الهيدروجين ٢ •

ولما كان الدترون يشتمل على بروتون ونترون متحدين بشكل ضعيف ، فقد يحدث عندما يقترب الدترون من نواة ذرية أن ينفصل البروتون عن النترون نتيجة ما يتعرض له من مقاومة ، ويواصل النترون فى هذه الحالة طريقه الى داخل النواة •

وقام لورانس بتسليط الدترونات على عينة من الموليبدينوم لعدة شهور حتى أصبحت العينة مشعة بدرجة كبيرة • ثم أرسل العينة الى سيجرى وكان قد عاد الى باليرمو بايطاليا وأشرك معه فى الأبحاث كارلو بيرييه •

وبتحليل عينة الموليبدينوم تمكن سيجرى وبيرييه من فصل عناصر الموليبدينوم والنيوبيوم والزركونيوم من العينة ولكن كلها عناصر غير مشعة ! ولما لجأ الفيزيائيان الى اضافة قدر من المنجنيز والرينيوم الى العينة ثم فصلاهما عنها اكتشفا أن العنصرين اكتسبا خاصية الاشعاع • وهذا يعنى فيما يبدو أن خاصية الاشعاع مرتبطة بكمية طفيفة من المنجنيز والرينيوم موجودة فى عينة الموليبدينوم ، أو بعنصر آخر شديد التماثل فى خصائصه الكيميائية مع المنجنيز والرينيوم بحيث انفصل مع هذين العنصرين لدى فصلهما من العينة •

ولو كان الاحتمال الثاني صحيحا ، فكل الدلائل تشير الى أن ذلك العنصر أقرب ما يكون الى العنصر ٤٣ # الذى يقع بين المنجنيز والرينيوم فى الجدول الدورى • وايضا لو كان هو العنصر ٤٣ # فان من شأنه أن ينفصل بقدر أكبر مع الرينيوم عن المنجنيز ، بما يعنى أنه أقرب للرينيوم فى خصائصه عن المنجنيز ، وتلك سمة متوقعة للعنصر ٤٣#

وقد بذل سيجرى وبيرييه كل ما فى وسعهما لتحديد خصائص العنصر الجديد ، ولجآ فى سبيل ذلك الى استخدام خاصية الاشعاع بطرق مختلفة • غير أن الأمر كان بالغ الصعوبة ، حيث كانا يجريان تجاربهما على كم لا يزيد فى تقديرهما على عشرة أجزاء من بليون من الجرام من العنصر ٤٣ # ، وهو الكم الذى حصلا عليه نتيجة قذف المولیبدینوم بالدترونات •

بيد أن سيجرى اكتشف فى عام ١٩٤٠ أن العنصر ٤٣ # هو أحد نواتج عملية تفتيت اليورانيوم المكتشفة حديثا (والمستوحاة من تجربة فيرمى بتعريض ذلك العنصر للقذف بالنترونات) • ولاحظ أن الكمية التى يمكن الحصول عليها من جراء تفتيت اليورانيوم تزيد كثيرا عما يسفر عن عملية قذف المولیبدینوم • وقد أتاح ذلك التعرف على خصائص العنصر ٤٣ # بقدر كبير من الدقة •

ولعلى أشير فى هذا السياق الى أننى أشعر بفخر شديد، فلقد كتبت فى فبراير ١٩٤١ قصة بعنوان « سوبر نترون » وحرصت على أن تكون المعلومات الواردة بها حديثة تماما • وقد نشرت القصة فى سبتمبر ١٩٤١ فى السلسلة القصصية المعروفة باسم « حكايات مدهشة » ، وكانت تتضمن شخصية تتحدث عن الطرق البدائية لتوليد الطاقة • ومن بين ما ورد على لسان هذه الشخصية « أعتقد أنهم استخدموا الطريقة التقليدية لتفتيت اليورانيوم من أجل الحصول على الطاقة ، لقد سلطوا على اليورانيوم نترونات بطيئة مما أدى الى تفتته

الى ماسوريوم وباريوم وأسـعه جاما فضـلا عن مزيد من النترونات مما جعل العملية تتم بشكل دورى » ٠

وهذا صحيح ! فلقد علمنا ، نحن كتاب الخيال العلمى ، بهذا الأمر رغم محاولة الحكومة فرض حظر على المسألة برمتها ٠

وتجدر الاشارة الى أنى أسميت العنصر ٧٢# ، فى القصة ، « ماسوريوم » ٠ فلقد كان هذا هو الاسم الوحيد المتاح فى ذلك الحين ، حتى وان لم يكن معترفا به ، حيث لم تكلل جهود نوداك وتاكى وبيرج فى فصله عن المادة الخام بالنجاح الكامل ٠ غير أن الكيميائى البريطانى الالمانى الأصل فريدريك أدولف بانيث (١٨٨٧ ــ ١٩٥٨) أكد فى عام ١٩٤٧ أن العنصر المخلق اصطناعيا لابد أن يتطابق تماما مع العنصر الموجود فى الطبيعة بحيث يمكن القول بأن اكتشاف الأول يكافىء اكتشاف الثانى ٠

واستحسن سيجرى وبيرييه هذه الفكرة ، وسرعان ما استخدما حق المكتشف فى تسمية اكتشافه ، فأطلقا على العنصر ٤٣# اسم « تكنيتيوم » وهو مستمد من كلمة « تكنتيوس » اليونانية التى تعنى « اصطناعى » ٠

وكان التكنيتيوم هو أول عنصر يستحضر اصطناعيا فى المعمل ، ولكنه لم يكن الأخير ٠ فقد تم تصنيع تسعة عشر عنصرا آخر بهذه الطريقة ، غير أن التكنيتيوم كان أقل هذه العناصر فى رقمه الذرى ٠ ولم يكن يبدو أن ثمة احتمالا لتخليق أى عنصر جديد يقل رقمه الذرى عن ذلك ٠ وبالتالى يكون التكنيتيوم هو العنصر الصناعى الأول سواء على الصعيد الزمنى أو من حيث موقعه فى الجدول الدورى ٠

ولقد كشفت دراسة خصائص التكنيتيوم عن مفاجأة ٠ فرغم أنه تم تحضير النظائر الست عشرة للتكنيتيوم فى المعمل ، تبين أنها تتسم كلها ــ وبلا استثناء ــ بعدم الاستقرار

٠٠ كلها نظائر مشعه ٠ ومن غير الوارد ـ وفقاً لما هو معروف الآن ـ أن تكتشف مستقبلا نظيرة مستقرة للتكنيتيوم ٠ وبالتالى يعد التكنيتيوم ، من حيث الرقم الذرى، أقل العناصر التى ليس لها نظائر مستقرة ، أنه أبسط عنصر مشع ٠

غير أن نظائر التكنيتيوم تتفاوت فى شدة اشعاعها ٠ وتقاس شدة الاشعاع لعنصر ما بما يعرف باسم « نصف العمر » وهو الزمن اللازم لأن يتحلل نصف أية كمية من ذلك العنصر عن طريق الاشعاع ٠ ويقدر نصف عمر التكنيتيوم ٩٢ ب ٤ر٤ دقيقة ، بينما يقتصر نصف عمر التكنيتيوم ١٠٢ على خمس ثوان فقط ٠ وهذا يعنى أن الأرض لو كانت كلها مكونة من تكنيتيوم ١٠٢ لتحللت تماما وتحولت الى مجرد ذرة واحدة فى مدة لا تتجاوز خمس عشرة دقيقة ٠

لكن فى المقابل يصل نصف عمر التكنيتيوم ٩٩ الى ٢١٢ ألف سنة والتكنيتيوم ٩٨ الى أربعة ملايين ومائتى ألف سنة والتكنيتيوم ٩٧ الى مليونين وستمائة ألف سنة ٠ وتعد هذه المدد طويلة بمقاييس البشر ٠ ولو تم تخليق عينة من أى من هذه النظائر ، فلن يتحلل منها سوى نسبة ضئيلة للغاية على مدى عمر الانسان الفرد ٠

الا أن هذه المدد لا تشكل بالمقاييس الجيولوجية سوى نسبة محدودة ٠ ولتصور ذلك فلنتخيل أن الأرض وقت تكونها منذ ٦ر٤ بليون سنة كانت مقصورة فى تركيبها على واحدة من هذه النظائر طويلة العمر ٠ فبالنسبة للتكنيتيوم ٩٩ كانت الأرض ستتحلل تماما الى ذرة واحدة فى غضون ٣٥ مليون سنة ، وبالنسبة للتكنيتيوم ٩٨ تمتد هذه المادة الى ٨٠٠ مليون سنة ، وبالنسبة للتكنيتيوم ٩٧ الى ٤٣٠ مليون سنة ٠ وهذا يعنى انه لم يكن ثمة مجال لأن تبقى كمية تذكر من التكنيتيوم لأكثر من ثلاثة أرباع بليون سنة ، ولن يكون قد مضى فى ذلك الوقت سوى ١٥٪ من عمر الأرض الحالى ٠

وليس من احتمال لوجود عنصر التكنيتيوم فى الطبيعة حاليا سوى أن يكون قد تكون حديثا نتيجة عملية التحلل الطبيعية لليورانيوم ، غير أن الكمية المكونة من جراء مثل تلك العملية ستكون بالغة الضآلة بحيث يستحيل على أى كيميائى أن يكتشفها في أى معدن خام ٠ وهذا يعنى أن نوداك وتاكى وبيرج كانوا بالتأكيد على خطأ حين أعلنوا أنهم إكتشفوا ذلك العنصر ٠

وبالطبع ، فاننا حين نتحدث عن شيء موجود في الطبيعة أو غير موجود بها عادة ما نعني الأرض ٠ ولكن الأرض لا تمثل نسبة تذكر من الطبيعة ٠

ففى عام ١٩٥٢ رصد فلكى أمريكى يدعى بول ويلارد ميريل (١٨٨٧ ـ ١٩١٦) خطوطا طيفية لأشعة واردة من متقزمات حمراء باردة ونسب هذه الخطوط لعنصر التكنيتيوم، وأكدت أبحاث عديدة أخرى هذه النتائج ٠ وقد اكتشف أن عنصر التكنيتيوم يمثل فى بعض النجوم الباردة نسبة ١ الى ١٧٠٠٠ من الحديد ٠ وتعد هذه نسبة تركيز عالية ٠

ومن الواضح أن التكنيتيوم لم يتكون فى مثل هذه النجوم الباردة عند نشأتها وظل باقيا منذ ذلك الحين ، لا سيما وأن أنصاف أعمار النظائر المشعة لأى عنصر تقل مع درجات الحرارة السائدة في جوف النجوم حتى ولو كانت من النجوم الباردة ٠ ومن ثم فلا مجال الا أن يكون التكنيتيوم الموجود حاليا فى النجوم ناجما عن عملية متواصلة حتى الآن ٠ ولنحاول أن نتدارس على وجه التحديد ماهية التغيرات النووية التى من شأنها أن تسفر عن انتاج التكنيتيوم بالكميات الموجودة ، لعلنا نكتشف شيئا مفيدا عن التفاعلات النووية فى النجوم الأخرى ، مما قد يساعدنا على القاء مزيد من الضوء على ما يحدث فى شمسنا ٠

ويبقى عنصر واحد لم نتحدث عنه فى فئة الأرقام الذرية للعناصر المفترض أنها مستقرة ، وهو العنصر ٦١ #

وهو يمثل المكان الشاغر الوحيد فى هده الفئة · وهو أيضا واحد من العناصر النادرة فى الأرض ·

ولم يحدث أن اكتشف أحد العنصر ٦١ # فى الطبيعة ، وذلك رغم ادعاء مجموعتين من الكيميائيين ، مجموعة أمريكية وأخرى ايطالية ، باكتشافه فى عام ١٩٢٦ · وقد أسمت المجموعة الأمريكية ذلك العنصر « ايلينيوم » (نسبة الى ولاية إيلينوى) ، بينما أطلقت المجموعة الايطالية عليه اسم « فلورينتيوم » (نسبة الى مدينة فلورنس) ، وذلك تكريما من كل من الجانبين للمكان الذى شهد الاكتشاف · غير أنه ثبت أن المجموعتين كانتا على خطأ ·

وفى الثلاثينات من هذا القرن أجرت مجموعة أمريكية عملية قنذف لعنصر النيوديميوم (رقم ذرى ٦٠) بالدترونات داخل جهاز سيكلوترون سعيا لتخليق العنصر ٦١ # · وقد نجحت على الأرجح فى انتاج مسحة من ذلك العنصر ولكن ليس بقدر يكفى لاثبات وجوده · ومع ذلك اقترحت المجموعة أن يسمى « سيكلونيوم » ·

وأخيرا ، وفى عام ١٩٤٥، اكتشف ثلاثة من الأمريكيين، هم ج·أ· ماريسكى و ل·أ· جليندنيين و ك·د· كوربيل ، كمية مناسبة من العنصر ٦١ # ، ضمن نواتج عملية تفتيت لليورانيوم ، تكفى لتحديد خواص ذلك العنصر · وقد أطلقوا عليه اسم « بروميثيوم » نسبة لاسم الاله اليونانى بروميثيوس ، نظرا لوجه الشبه بين ما قام به ذلك الاله من انتزاع النار من الشمس لصالح البشرية ، وبين انتزاع البروميثيوم من اللهب الذرى الناجم عن انشطار اليورانيوم ·

وقد تم اكتشاف اربع عشرة من النظائر لعنصر البروميثيوم ليس فيهم عنصر واحد مستقر ، شأنه فى ذلك شأن التكنيتيوم . وذلك يعني أن هناك واحدا وثمانين عنصرا فقط لهم ، على حد علمنا ، واحدة أو أكثر من النظائر المستقرة ، وأن نوداك وتاكي وبيرج كان لهم الشرف فى أنهم كانوا آخر مجموعة تكتشف عنصرا مستقرا هو الرينيوم .

ويتسم عنصر البروميثيوم بقدر من عدم الاستقرار يفوق كثيرا نظيره فى التكنيتيوم . ويعد البروميثيوم ١٤٥ أطول نظائر البروميثيوم بقاء ، ومع ذلك لا يتجاوز نصف عمره ١٧٫٧ سنة .

ومن ناحية أخرى ظل هناك مكانان آخران شاغرين فى فئة العناصر المشعة التى يربو رقمها الذرى على ٨٣ ، وذلك حتى ما بعد اكتشاف التكنيتيوم . ويتعلق الأمر بالعنصرين ٨٥ # و ٨٧ # . وقد تردد فى الثلاثينات أنهما قد اكتشفا وأطلق عليهما تباعا اسم «الاباماين» و «فيرجينيوم» ولكنها كانت مزاعم خاطئة .

وفى عام ١٩٤٠ تم تخليق العنصر ٨٥ # عن طريق تعريض البيسموت (العنصر ٨٣ #) للقذف بجسيمات ألفا . وكان قد عثر فى عام ١٩٣٩ على آثار للعنصر ٨٧ # ضمن نواتج اليورانيوم ٢٣٥ . وقد أطلق على العنصر ٨٥ # اسم « استاتين » (وهو مستمد من كلمة يونانية تعنى « غير مستقر ») وعلى العنصر ٨٧ # اسم « فرانسيوم » (نسبة لفرنسا وهى مسقط رأس مكتشف ذلك العنصر) .

ويعد الاستاتين عنصرا غير مستقر بمعنى الكلمة ، حيث لا يزيد نصف عمر أطول نظائره بقاء ، وهو الأستاتين

٢١٠ ، على ٨ر٣ ساعة • اما الفرانسيوم فيفوقه فى عـدم الاستقرار ، ويعـد الفرانسيوم ٢٢٣ أطول نظائره بقـاء ومع ذلك يقتصر نصف عمره على ٢٢ دقيقة فقط •

وحتى العناصر التى تلى اليورانيوم ، والتى تم تخليقها معمليا حتى عام ١٩٤٠ ، ظل معظمها يتسم بقـدر أقل من عدم الاستقرار قياسا بالفرانسيوم • ولا يضارع الفرانسيوم ٢٢٣ فى قصر مدة بقائه سوى العنـاصر التى يربو رقمهـا الذرى على ١٠٢ والتى لم يكتشف حتى الآن سوى عدد محدود من نظائرها •

الفصل الثانى

الملح والبطارية

فى واحد من اللقاءات الأخيرة لشلة « عناكب الباب المسحور » (وهو الاسم الذى نطلقه على المجموعة الصغيرة العظيمة التى أبنى عليها ، بصفتى أرمل ، رواياتى الشريرة المثيرة) ، روى صديقى الوفى ل · سبراج دى كامب نكتة تاريخية لا أشك فى صحتها رغم أنى لم أسمعها من قبل ·

قال : « جاء جوته ذات مرة الى فيينا لزيارة بتهوفن ، وخرجا معا فى نزهة على الأقدام ، فعرفهما أهل المدينة وسرعان ما أفسحوا للرجلين العظيمين الطريق فى رهبة وهيبة ، فكان الرجال والنساء ينحنون تحية واجلالا ·

فقال جوته بعد فترة : « أتدرى هر فان بتهوفن ، اننى أجد أن مظاهر التملق هذه تبعث على الضجر » ·

فأجابه بتهوفن قائلا : « أرجوك لا تدع ذلك يضايقك هرفون جوته ، فأنا واثق أن مظاهر التملق هذه موجهة لى » ·

وضحك الجميع لهذه النكتة ، ولكن ما من أحد ضحك من قلبه مثلى ، فأنا مولع بالعبارات التى تخرج تلقائيا فى مديح الذات ·

وعندما فرغت من الضحك ، قلت : « أتدرون ، أعتقد أن بتهوفن كان على حق · فهو الرجل الأعظم » ·

فرد سبراج : « لماذا يا أسحق ؟ » ·

فقلت : «ليس من السهل أن يتقبل المرء شخصية جوته» ·

وسادت فترة صمت قصيرة قال بعدها جان لوكوربييه (وهو مدرس رياضيات دمث الخلق وطيب العشرة) : « أتدرى يا اسحق ، لقد قلت ، ربما دون أن تدرى ، شيئا ذا مغـزى عميق » .

وبالطبع كنت مدركا لمغزى ما أقول ولكن لابد للمرء أن يكون متواضعا ، فقلت : « غريب حقا يا جان . فدائما أقول أشياء ذات مغزى عميق وعادة مايغيب عنى أن أدرك ذلك » .

أعتقد أنه لا يمكن أن يكون المرء أكثر تواضعا من ذلك !

وعلى أى الأحوال ، فمن الوارد أن يحدث فى مقـالاتى الشهرية أن أقول عرضا ، ومن قبيل الصدفة البحتة ، شـيئا عويصا . ولو لاحظ أحد شيئا من هذا القبيل فى واحدة من هذه المقالات فليخبرنى به ، وسوف أقدر له ذلك .

★★★

ولعلى أبدأ حديثى فى هذه المقالة بعالم التشريح الايطالى لويجى جالفانى (١٧٣٧ ــ ١٧٩٨) . كان ذلك العالم يركز أبحاثه على الحركة العضلية ويستخدم الخواص الكهربية فى تجاربه ، وكان لديه فى معمله وعاء ليدن ، وهو جهاز يمكن أن تختزن فيه كمية كبيرة من الشـحنات الكهربيـة . ولـو تعرض انسان لتفريغ شحنة وعاء ليدن فى جسـده فسـوف يصاب بصدمة كهربيـة عنيفة . وحتى لو تعـرض لشـحنة معتدلة نسبيا فسوف تؤدى الى انقباض عضلاته والى اصابته بانقباضة قوية قد تبعث من حوله على الضحك .

وفى عام ١٧٩١ لاحظ جالفانى أن الشرر الناجم عن تفريغ شحنة وعاء ليدن من شأنه ، لو لمس عضـلات الفخذ لضفدع حديث التشريح ، أن يجعلها تنقبض بشـدة بالغـة كما لو كان الضفدع حيا .

وكانت هذه الظاهرة معروفة من قبل ، لـكن جالفانى لاحظ شيئا جديدا تماما : فلو أن مشرطا معدنيا لمس عضلات

الفخذ الميتة فى وقت تنبعث فيه شرارة من وعاء ليدن قريب فسوف تنقبض العضلة حتى لو لم يكن هناك تلامس مباشر مع الشرارة ٠

ويعنى ذلك ان هناك تأثيرا حركيا عن بعد ٠ وقد برر جالفانى تلك الظاهرة بأن الشرارة الكهربية ربما تكون قد نقلت عن طريق التأثير الحثى شحنة كهربية الى المشرط المعدنى ، وأن هذه الشحنة هى التى حركت العضلة ٠

ولو كان الأمر كذلك ، فلعله بالامكان التوصل الى نفس نوع التأثير الحركى عن بعد من جراء التعرض للبرق ، حيث كان معروفا فى ذلك الوقت أن البرق هو شرارة ناجمة عن عملية تفريغ كهربى ، على غرار ما يحدث فى وعاء ليدن ولكن على نطاق أضخم ٠ ومن ثم ، فلو كان تأثير وعاء ليدن يمتد لبضعة أقدام فمن شأن تأثير البرق عن بعد أن يمتد لعدة أميال ٠

وعلى هذا الأساس انتظر جالفانى حدوث عاصفة ، واستعد لها بأن علق عضلات فخذ ضفدعته فى خطافات نحاسية متدلية من قضيب حديد مثبت خارج نافذته ٠ وكان له ما أراد ، فعندما ومض البرق انتفضت عضلات الفخذ ٠ ولكن ظهرت مشكلة ، فعندما كف البرق ظلت الانقباضات تتكرر مرارا ٠

واستمر جالفانى فى تجاربه وسط حيرته ، فلاحظ أن العضلات تتعرض للانتفاض عندما تلامس الحديد وهى مدلاة من الخطافات النحاسية ٠ اى ان العضلات عندما تلامس نوعين مختلفين من المعادن فى نفس الوقت لا تتعرض للانقباض فحسب ، ولكن تتعرض لانقباضات متكررة ٠ وبات واضحا ان الأمر لا يتعلق فيما يبدو بشحنة كهربية تفرغها العضلات مرة واحدة وانما بشحنة تتولد بشكل متكرر ٠

وثار سؤال : ما هو مصدر الكهرباء ؟

.. ويدا لجالفانى ، بصفته عالم تشريح آن المصدر المعنى لابد وآن يكون العضلة . فالعضلة شيء بالغ التعقيد بينما الحديد والنحاس ان هما الا حديد ونحاس . ومن هـــذا المنطلق بدأ جالفانى يتحدث عن « الكهرباء الحيوانية » .

وقد نشرت تجارب جالفانى على نطاق واسع لما اتسمت به من اثارة في نظر النـــاس . فالعرف الســـائد لديهم أن انقباض العضلات وانتفاضها ســـمة من ســـمات الحياة وأن العضلة الميتـــة لا تنتفض لو تركت بـــدون تأثير خارجى . وبما أنها تنتفض تحت تأثير التفريغ الكهربى ، فلابد وأن الكهرباء تنطوى على نوع من قوة الحياة التى تجعل العضلة الميتة تتحرك لحظيا كما لو كانت حية .

وقد أثار ذلك أفكارا مثيرة ، حيث ذهب الناس الى أنه ربما كانت هناك طرق لاعادة الحياة للأنسجة الميتة باستخدام الكهرباء . وشكل ذلك اتجاها جديدا واسع المجال « للخيـــال العلمى » ، وأوحى فكرة رواية فرانكنشتاين التى يعتبرها البعض أول قصة ذات قيمة للخيال العلمى الصحيح .

ومنذ ذلك الوقت ظل الشخص الذى تتعرض عضـــلاته للانقباض تحت تأثير الصدمات الكهربية (أو أى تأثير حسى أو انفعالى مفاجيء آخر) يوصف بأنه « مجلفن » .

ولم يتقبـــل البعض ما ذهب اليه جالفـــانى من وجـــود كهرباء حيوانية . وكان أشد معارضيه هو عالم ايطالى آخر يدعى اليساندرو فولتا (١٧٤٥ ــ ١٨٢٧) . كان فولتـــا يرجح أن تكون المعادن هى مصدر الكهرباء وليست العضلة . وللتأكد من الأمر ، أجرى اختبارا على معدنين مختلفين فى حالة تلامس واكتشف فى عام ١٧٩٤ أنهما يولدان شـــحنة كهربيـــة حتى فى حالة عدم وجود أية عضلة من قريب أو بعيد .

(ولما كانت السنوات الأخيرة فى حياة جالفانى قاسية ، حيث توفيت زوجته الحبيبة ، وفقد فى عام ١٧٩٧ منصبه

كاستاذ في الجامعة ابي رفضه حلف يمين الولاء للحكومة الجديدة التي عينها قائد الغزو الفرنسي الجنرال نابليون بونابارت ، فقد اضفت نتائج فولتا مزيدا من المرارة على جالفاني ، وما لبث أن مات بعد ذلك في فقر وبؤس • أما فولتا فلم يكن يهمه من أمر الحكومة شيء وكان على استعداد لأن يحلف يمين الولاء لأى شخص فى السلطة • ومن ثم فقد ازدهرت حياته بتولى نابليون السلطة العليا ، وازدهرت أيضا بسقوط نابليون وما بعد ذلك) •

وكانت مسألة تولد شحنة كهربية عند تلامس معدنين مختلفين واضحة بالنسبة لفولتا ، أما تبرير ذلك فكان غامضا • (وهذا أمر شائع فى العلوم • فالآن على سبيل المثال ، أصبحت مسألة التطور البيولوجى أمرا لا يقبل الجدل بالنسة للمتعقلين من العلماء ، بل ان التفسير العام صار واضحا ، ولم يبق سوى بعض التفاصيل التى يدور بشأنها الجدل) •

وفي بعض الأحيان ، يستغرق التوصل الى تفسير منطقى لظاهرة ما وقتا طويلا • وفيما يتعلق بظاهرة تولد الكهرباء نتيجة تلامس معدنين مختلفين فلم يصل أحد الى تفسير صحيح لها حتى بعد مضى قرن كامل على اكتشافها •

ولقد أصبح معروفا اليوم أن المواد تتكون من ذرات ، وكل ذرة تشتمل فى مركزها على نواة متناهية الضالة وتحمل شحنة موجبة ، وتحيط بالنواة ومجموعة من الالكترونات التى تحمل شحنات سالبة • وتعادل الشحنة الموجبة للنواة مجموع الشحنات السالبة للالكترونات بحيث تكون الذرة فى مجموعها متعادلة ، أى بدون شحنات كهربية ، ما لم تتعرض لتأثير خارجى •

وبالامكان فصل بعض الالكترونات عن ذراتها ، ولكن تلك عملية تتفاوت في صعوبتها بحسب نوع الذرة • فذرات

الزنك مثلا يمكن فصل الكتروناتهـا بشـكل ايسر من ذرات النحاس • أو بمعنى اخر يمكن القـول بأن ذرات النحـاس تقبض على الكتروناتها بقوة تميزها عن ذرات الزنك •

ولو تخيلنا الآن قطعة من النحـاس وأخـرى من الزنك متلامستين بقوة ، فمن شان الالكترونات في ذرات الزنك ، عـلى حدود التلامس بين المعدنين ، أن تسـعى الى الانزلاق والانتقال الى النحاس ، وفى نفس الوقت يسـعى النحـاس بما له من قبضة قوية الى انتزاع الالكترونات من الزنك •

وبانتقال الالكترونات السالبة يكتسب النحاس شـحنة عامة سالبة • أما الزنك فانه يتعرض ، بفقده الالكترونات، لخلل في الاتزان الكهربى حيث تقل الشـحنة السـالبة عن تلك الموجبة الموجودة أصلا فى النواة ، مما يسفر عن تكون شحنة موجبة للزنك • وهذا الفارق فى الشـحنة هـو الذى يرصده الباحثون ، وهو الذى يكسب هذا الاتصال المعدنى الخاصية الكهربية •

ولكن هل يمكن استمرار تدفق الالكترونات من الزنك الى النحاس ، وبالتالى تولد شحنة كهربيـة عنـد الاتصـال المعدنى ، الى مالا نهاية ؟ لا ، ذلك غير صحيح • فمع اكتساب النحاس شحنة سالبة يبدأ فى مقـاومة وطـرد الالكترونات السالبة (عملا بمبدأ تنافر الشحنات المتماثلة) وذلك يزيد من صعوبة انتقال مزيد من الالكترونات الى النحاس • ومن ناحية أخرى فمن شأن الشحنة الموجبة المتبقية فى الزنك أن تجتذب ما تبقى من الكترونات (عملا بمبدأ تجاذب الشحنات المتضادة) فيصعب ذلك من افلات مزيد من الالكترونات •

وكلما ازداد مقدار الشحنة الكهربية المكتسبة ، ازدادت صعوبة تقبل مزيد من الشحنة • وسرعان ما ينتهى المآل بهذه العملية الى التوقف التام ولكن بعد أن تكون قد تولدت شحنة كهربية ضئيلة ، ولكنها قابلة للقياس •

وحتى هذا التاثير الضئيل له فوائده • فعندما تتغير درجة الحرارة ، تتغير معها قوى الجاذبية بين الالكترونات ونويات الذرات ولكن بنسب تتفاوت من معدن لآخر • وينعكس هذا أيضا على اتجاه تحرك الالكترونات من معدن الى آخر عند تلامسهما ، وبالتالى على مقدار الشحنة الكهربية المكونة فتزيد أو تقل بحسب الحالة • ومن ثم يمكن استخدام مثل هذه « الموصلات الكهروحرارية » كترمومترات لقياس الحرارة •

غير ان فولتا كان يستهدف تصميم جهاز يمكن أن تستخلص منه الشحنة الكهربية المكونة ، وفى نفس الوقت يتيح اعادة توليد الشحنات • ولما كانت المعادن المختلفة تؤدى الى انتفاض العضلة فى تكرارية مستمرة ، فلابد وأنها تولد الشحنة الكهربية بنفس الطريقة • ولو تم سحب هذه الشحنة بمعدل لا يزيد على معدل التولد ، فبالامكان الحصول على تيار مستمر من الكهرباء •

وذلك هدف عظيم ، فقد اقتصر العلماء فى أبحاثهم على مدى أكثر من ألفى سنة ، وحتى ذلك الحين ، على دراسة « الكهرباء الستاتيكية » • أى الشحنة الكهربية التى تنشأ فى موضع ما وتظل فى مكانها الى أن تتحرك لحظيا من خلال عملية تفريغ • أما ما كان يرمى اليه فولتا فهو انتاج « كهرباء ديناميكية » ، أى شحنة كهربية تتحرك بانتظام عبر موصل لفترة غير محددة • وتسمى مثل هذه الظاهرة فى المعتاد « تيارا كهربيا » ، نظرا لأوجه التماثل العديدة فى الخصائص بينها وبين التيار المائى •

ويقتضى تحقيق الانسياب للكهرباء ايجاد الوسط الذى تنساب خلاله • وكان معروفا أن محاليل بعض العناصر غير العضوية توصل الكهرباء • وبناء على ذلك ، استخدم فولتا فى عام ١٨٠٠ أكثر تلك العناصر شيوعا ، وهو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم •

كان فولتا يعتزم أن يبدأ تجربته بسلطانية نصف مملوءة بماء مالح ، وأن يغمس في أحد جوانبها شريحة نحاس وفي الجانب الآخر شريحة زنك . غير أنه فكر في أن التأثير سيتضاعف اذا استخدم عددا من مثل هذه الأوعية . ومن ثم صنع مجموعة من الشرائح المعدنية الخاصة ، كل منهما له طرف من الزنك والطرف الآخر من النحاس .

ووضع أوعية الماء المالح الواحد بجانب الآخر ، ثم جعل الشرائح على هيئة حدوة الحصان وغمس الطرف الزنكي في وعاء والطرف النحاسي في الوعاء الذى يليه ، وهلم جرا ، حتى حصل في نهاية المطاف على سلسلة من الأوعية كل وعاء يحتوى في أحد جوانبه على طرف من الزنك وفي الجانب الآخر على طرف من النحاس ، والاثنان مغموسان في الماء المالح .

واتضح أن مجموع الشحنة الكهربية يزداد مع زيادة عدد الأوعية . وقد تمكن فولتا في هذه التجربة من تحقيق انتقال هذه الشحنة من الطرف الزنكي المغموس في جانب واحد من سلسلة الأوعية الى الطرف النحاسي لنفس الشريحة وهو مغموس في الجانب الآخر من الوعاء التالي ثم تنتقل الشحنة عبر الماء المالح الى الطرف الزنكي في الجانب المقابل من الوعاء لتبدأ الدورة من جديد مع الشريحة التالية . وهكذا حصل فولتا على تياره الكهربي (الذى يتكون بالطبع وبصفة أساسية من سيل من الالكترونات ، ولكن فولتا لم يكن يعلم ذلك) .

وقد أطلق العالم الايطالي على هذه المجموعة من الأوعية اسم « اكليل الأكواب » حيث كان قد صفها على هيئة هلال . ويمكن بمفهومنا الحالي أن نسمي كل وعاء « خلية » . ولفظ خلية هو لفظ شائع الاستخدام ويطلق على الواحد من أقسام أية مجموعة مكونة من وحدات صغيرة نسبيا ، وهو مستخدم في حالة السجون والأديرة والأنسجة الحية وما الى .

ذلك • وفى حالة الخلايا المولدة للكهرباء يطلق عليها احيانا « الخلايا الفولتائية » ، أو « الخلايا الكلفانيــة » تكريمــا للرائدين العظيمين فى هذا المجال ، ولكن جرت العادة عــلى تسميتها ببساطة « الخلايا الكهربيــة » لتمييزها تماما عن الانواع الأخرى من الخلايا •

ثم برز اسم آخر مستوحى من فكرة أن أية آلية تستخدم للاجهاز على شيء تسمى « بطارية » • وفى عهد فولتا ، كانت قد جرت العادة على اطلاق اسم «بطاريات المدفعية» على صفوف المدافع التى تطلق نيرانها فى نفس الوقت عند تدمير أسوار مدينة أو قلعة أو ضرب صفوف العدو • ومن هذا المنطلق أصبح اسم بطارية يطلق على أية سلسلة من الأشياء المتماثلة التى تعمل معا لانجاز هدف واحد •

ويعد « اكليل الأكواب » الذى اخترعه فولتا مثالا لذلك، ومن ثم أصبح فولتا مبتكر ما سمى « بالبطارية الكهربية » •

وقد شاع فيما بعد استخدام لفظ بطارية حتى شــمل أى مصدر للكهرباء يتضمن معــادن وكيمــاويات (حتى لو اقتصر المصدر على خلية كيميائية واحدة وليس بطارية من تلك الخلايا) •

ولما كان كلوريد الصوديوم هو أحد المكونات الرئيسية فى أول بطارية يبتكرها فولتا ، كان ذلك هو مصدر الاسم الذى اخترته لهذا المقال •

غير أن ما يحد من فائدة البطارية التى اخترعها فولتا هو سهولة تلف واحد او اكثر من الأوعيــة نتيجــة التعرض لحركة رعناء أو غير مقصودة • ولن يقتصر الضرر فى هذه الحالة على مجرد توقف التيار ولكن ثمة احتمالا لحدوث ماس كهربى ، وبالتالى فمن الأســلم التفــكير فى طريقة لانتــاج بطارية تتسم بقدر أكبر من الوقاية •

ولذلك استعاض فولتا عن ذلك باختراع عبقرى آخر. فقد اعد مجموعة صفائح صغيرة من الزنك والنحاس ورصها الواحدة تلو الأخرى بالتبادل وجعل بين كل زوج من الصفائح فاصلا من الورق المقوى المشبع بمقدار من الماء المالح يوازى نصف حجم السلطانية فى البطارية القديمة ، ثم وضع كل ذلك فى غلاف اسطوانى فحصل على بطارية جديدة رائعة . ويكفى توصيل طرفى البطارية بسلك ليسرى فيه التيار الكهربى .

وما أن اخترعت البطارية حتى فتحت آفاقا جديدة فى العلوم . فلم تكد تمضى ستة أسابيع على نشر نتائج فولتا حتى بادر باحثان انجليزيان ، هما وليم نيكولسون (١٧٥٣ ـ ١٨١٥) وأنتونى كارلايل (١٧٦٨ ـ ١٨٤٠) ، الى تمرير تيار كهربى فى مياه تحتوى على قدر ضئيل من حامض الكبريتيك لاختبارها كمحلول موصل للكهرباء .

ولاحظ الباحثان أن التيار الكهربى أحدث مفاجأة لم تكن لتحدث بأية طريقة أخرى فى ذلك الوقت ، فقد حلل جزىء الماء الى مكوناته الأصلية : الهيدروجين والأكسجين . لقد اكتشف نيكولسون وكارلايل بذلك التحليل بالكهرباء أو التحليل الالكتروليتى .

وقد أتاحت تلك التقنية للكيميائيين اثبات أن حجم الهيدروجين فى تركيب الماء يعادل ضعف حجم الاكسجين ، وادى ذلك بالتالى الى التحقق من ان كل جزىء ماء يحتوى على ذرتى هيدروجين وذرة أكسجين ، بحيث يمكن كتابة معادلة المياه على النحو المعروف حاليا يد ٢ أ .

وكان من الطبيعى أن يتطلع الكيميائيون الى استخدام التيار الكهربى لتحليل أنواع أخرى من الجزيئات التى فشلت معها كل التقنيات الأخرى . وتماما مثلما يتسابق الفيزيائيون فى القرن العشرين فى بناء « مفتتات للذرة » ،

على هيئة أجهزة تكسب الجسيمات سرعات فائقة لتزيد من قدرتها التفتيتية ، كان الكيميائيون يتنافسون في مطلع القرن التاسع عشر لتصميم « مفتتات للجزيئات » ذات قدرات عالية وذلك على هيئة بطاريات ٠

وفاز في هذا السباق الكيميائي الانجليزى همفرى ديفي (١٧٧٨ ــ ١٨٢٩) حيث صنع بطارية تحتوى على ٢٥٠ شريحة معدنية ٠ وكانت تلك أكبر بطارية تنتج حتى ذلك الحين وتتسم بالقدرة على توليد أقوى تيار كهربى ٠ ثم أخذ ديفى بعد ذلك يحاول تحليل عناصر شائعة مثل البوتاس والجير ، وهى عناصر كان الكيميائيون فى ذلك الحين على يقين من أنها تحتوى على ذرات معدنية متحدة مع الأكسجين ٠ و لم يكن أحد قد نجح حتى ذلك الوقت فى فصل ذرات الاكسجين عن الذرات الأخرى لتكوين معدن نقى ٠

وعلى مدى عامى ١٨٠٧و١٨٠٨ استخدم ديفى بطاريته لتحليل الجزيئات ، وتمكن من فصل البوتاسيوم من البوتاس والكالسيوم من الجير كما فصل الصوديوم والباريوم والاسترنتيوم من مركبات أخرى ٠ وتعد كل تلك العناصر معادن نشطة وأنشطها البوتاسيوم ٠ ومن شأن البوتاسيوم أن يتفاعل مع الماء فيتحد مع الأكسجين ويحرر الهيدروجين بطاقة كبيرة ، حتى ان ذلك الغاز يتحد مع الأكسجين الموجود فى الجو فى تفاعل يبلغ من شدته أن يولد لهبا ٠ وعندما رأى ديفى ذلك وأيقن أنه قد تألق فى اكتشاف عنصر لم يره أحد من قبل ويتسم بخصائص لم يتصوزها أحد ، انطلق يقفز فى حركات بهلوانية هستيرية ــ وله كل الحق فى ذلك ٠

وتحتوى كل بطارية على عنصر قابل لأن يفقد الكترونات ويصبح ذا شحنة موجبة ، وعنصر آخر له القدرة على اكتساب الالكترونات ليصبح ذا شحنة سالبة ٠ وهذان العنصران هما « القطبان الكهربيان » للبطارية ، « القطب الموجب » و « القطب السالب » ٠

وكان « رجل كل العصور » الامريكي بنجامين فرانكلين (١٧٠٦ ـ ١٧٩٠) هو أول من أكد ان التيار الكهربى يعتمد على نوع واحد من السيولة وأن بعض العناصر لديها فائض من هذه السيولة والبعض الآخر لديه عجز • ولكن لم تكن هناك وسيلة ، حين طرح هذه الفكرة نحو عام ١٧٥٠، لتحديد أى العناصر يحتوى على فائض فى السيولة وأيها لديه عجز فيها • وقد لقى ذلك الاستنتاج قبولا عالميا وأصبح عرفا منذ ذلك الحين • وعلى سبيل المثال ، ففى حالة بطارية فولتا (النحاس / زنك) يشكل النحاس (حسب فكرة فرانكلين) القطب الموجب والزنك القطب السالب • ولو أن التيار ينساب من الفائض الى العجز ، وهو أمر طبيعى ، لانساب (أيضا حسب فكرة فرانكلين) من النحاس الى الزنك •

وكانت فرصة فرانكلين فى أن يكون فكره صائبا تعادل خمسين فى المائة ، ولكنه خسر الرهان • ففائض الالكترونات، على نحو ما نعلم حاليا ، موجود فى القطب الذى وصفه فرانكلين بالسالب والعجز موجود فى القطب الذى أسماه موجبا ، وتنساب الالكترونات (وبالتالى التيار الكهربى) من الزنك الى النحاس • وبسبب خطأ فكرة فرانكلين اضطررنا الى القول بأن الالكترونات، التى تشكل وقود التيار الكهربى، تحمل شحنة سالبة •

وعند تصميم اى جهاز كهربى لا يشغل بال المصمم فى أى اتجاه يسير التيار، مادام هناك تسلسل واتساق فى الفكر، غير أن خطأ فكرة فرانكلين تسبب فى وقوع أحد العلماء فى تناقض طريف •

فقد لجأ العالم الانجليزى مايكل فاراداى (١٧٩١ ـ ١٨٦٧) الى استخدام مسميات اقترحها عليه أحد الطلبة الانجليز يدعى وليم ويويل (١٧٩٤ ـ ١٨٦٦) • فسمى كلا من القطبين « الكترود » ، وهو لفظ مشتق من كلمة

يونانية تعنى « الطريق الكهربى » ، وسمى القطب الموجب « انود » (اعلى الطريق) والقطب السالب « كاثود » (اسفل الطريق) • ويبين ذلك أن التيار الكهربى سينساب ، شانه فى ذلك شأن المياه ، من الموقع الأعلى الى الموقع الأسفل ، اى من الانود الى الكاثود !

والواقع ، وبما اننا نتتبع مسار الالكترونات ، فان التيار الكهربى يتحرك من الكاثود الى الانود ، اى لو التزمنا بالمسميات فانه يتحرك الى الأعلى • ولكن من حسن الحظ أنه ما من أحد يلقى بالا للمعنى اليونانى للكلمات، ويستخدم العلماء هذه المسميات دون أى احساس بالتناقض • (لعل العلماء اليونانيون يضحكون الآن) •

ولا تتعرض الالكترونات خلال تشغيل البطارية للاستهلاك ، ولا يمكن ان يحدث ذلك • فمن طبيعة التيار الكهربى أنه لا ينساب الا اذا كانت الدائرة « مغلقة » ، أى الا اذا كان هناك طريق موصل متصل بغير انقطاع ، يتيح للالكترونات التى غادرت البطارية عند نقطة ما أن تعود اليها فى نقطة أخرى • واذا انقطع الطريق الموصل فى أى وقت ، أو تخلله شىء غير موصل ، مثل فجوة هواء ، يتوقف التيار •

ومادام الأمر كذلك فقد يتبادر الى الذهن أن التيار الكهربى يمكن ان يستمر فى الانسياب إلى مالا نهاية ، وذلك من شأنه أن يتيح تشغيلا مستديما طالما كانت الالكترونات تتحرك فى دوائر مغلقة ، أى أنه يمكن للبطارية على سبيل المثال أن تحلل كل جزيئات المياه فى الكون • وهذا يعنى أننا نمتلك مصدرا مكافئا للحركة المستديمة ، ونحن نعلم اليوم أن ذلك أمر مستحيل •

بمعنى آخر ، فلا مفر من أن تستهلك البطارية ، ولكن لماذا ؟

وللرد على هذا السؤال ، لابد آن نفهم أولا أن البطاريات من النوع الذى اخترعه فولتا تعتمد فى توليد الكهرباء على التفـاعل الكيميـائى • ونحن نعلم يقينـا اليـوم ، آن كل التفاعلات الكيميائية بغير استثناء تتضمن انتقالا (جزئيا أو كليـا) للالـكترونات من ذرات الى أخـرى • وما دامت الالكترونات تنتقل بهذه الطريقة ، فيمكن فى بعض الأحيان العمل على تمريرها عبر سلك فتتحول الى تيار كهربى •

ولعلنا نتخيل ، عـلى سـبيل المثال ، شريحة من الزنك مغمورة فى محلول من كبريتات الزنك • ويتكون الزنك من ذرات زنك متعادلة ويرمز لها ب (Zn^o) • أما كبريتات الزنك فهو على هيئة جزيئات يرمز لها ب ($Zn\,So_4$) • غير أن ذرة الزنك فى محلول كبريتـات الزنك تنقـل اثنين من اوهى الالكترونات التصاقا بها الى مجمـوعة الكبريتات • ومن تم يصبح لدى الزنك ، بعد انتقال الالكترونين ، شحنة ايجابية مزدوجة ويرمز له ب (Zn^{++}) ويشكل ذلك « آيون » الزنك وهو لفظ آخر آدخله فاراداى واستوحاه من كلمه يونانيـة بمعنى « متجول » ، وهو اختيار فى محلة ، لأن أية ذرة أو مجموعة من الذرات تحمل شحنة كهربية (سواء موجبـة او سالبة) تتعرض للجذب من اى من الالكترودين ، وبالتـالى تميل الى التحرك فى اتجاه الجذب •

أما مجموعات الكبريتات فبعـد أن اكتسبت كل منهـا الالكترونين اللذين انتقلا اليها من ذرات الزنك ، صار لدى كل مجموعة شحنة سالبة مزدوجة وأصـبحت تشـكل أيون الكبريتات ويرمز له ب (So_4^{--}) •

ولما كانت قوة جذب الزنك لالكتروناته ضعيفة نسبيا ، لا سيما الالكترونين الأخيرين فى الغلاف الخـارجى لذرات ذلك العنصر ، تميـل كل ذرة فى شريحـة الـزنك الى فقـد الكترونين ، ثم الانزلاق الى المحلول عـلى هيئة ايونات زنك

تاركة الكترو ناتها في شريحه الزنك . وبهـذا الفائض من الالكترونات تكتسب شريحة الزنك شحنة سالبة ضئيلة . أما المحلول فقد اكتسب أيونات زنك تحمل شحنات موجبة . وبما انه ليس ثمة ما يعادلها ، تتكون في المحلول شـحنة موجبـة ضئيلة . ولكن سرعان ما يؤدى نمو هذه الشحنات الى وقف انتقال مزيد من الزنك من الشريحة الى المحلول .

ولا يختلف الأمر كثيرا بالنسبة لشريحـة من النحـاس مغمورة في محلول كبريتات النحـاس . فشريحة النحـاس تحتوى على ذرات نحاس متعادلة (Cu^o) بينما يتكون كبريتات النحاس من أيونات نحاس (Cu^{++}) وأيونات كبريتات وقد وصفناها آنفا . ولكن في هذه الحالة تتميز ذرات النحاس باحكام القبضة على الكترو ناتها ، وبالتالى ليس ثمـة اتجـاه لأن تفقد شريحة النحـاس ذراتهـا لتنضـم الى المحلول . بل العكس صحيح ، حيث تتجه أيونات النحـاس بما تحمله من شحنات موجبة الى الالتصاق بالشريحـة ، فتغذيهـا بشـحنة موجبة ضئيلة بينما تبقى في المحلول شحنة سالبة ضئيلة . ولكن سرعان ما يتوقف ذلك النوع من التفاعل .

ولنفترض الآن أننا أغلقنا الدائرة وأننـا ، بدلا من استخدام حاجز مصمت ، فصلنا المحلولين بحاجـز مسـامى يتيح انتقال الأيونات عبر مسامه تحت تأثير قوة جذب هذا الإلكترود أو ذاك . ولنفترض أيضا أننا ربطنـا شريحـة الزنك وشريحة النحاس بوصلة سلكية .

ولعلنـا نسـتنتج أن فائض الالـكترونات في الـزنك سينساب الى النحاس ، الذى يتسم بعجز فى الالكترونات ، وبالتالى سوف يقل مقدار الشحنة السالبة في الزنك والشحنة الموجبة في النحاس . ويتيح هذا التناقص المزدوج استمرار تحول ذرات الزنك الى أيونات الزنك التي تنتقل الى المحلول بينما تستمر أيونات النحاس في التحـرك صـوب شريحـة النحاس والتعلق بها . ومع تكدس أيونات الزنك فى النصف

الخاص بها من المحلول وزيادة الشحنة الموجبة فيه ، تتجه تلك الأيونات عبر الحاجز المسامى للانضمام الى النصف الخاص بالنحاس فى المحلول ، والذى يتسم بشحنة سالبة نتيجة فقدان أيونات النحاس الموجبة ٠

ومع استمرار تدفق الالكترونات من البطارية من ناحيه الزنك والعودة اليها من ناحية النحاس تتآكل شريحة الزنك الى أن تنتهى تماما وتتحول كلها الى أيونات زنك فى المحلول٠ وفى نفس الوقت سوف تتلاشى تماما أيونات النحاس من المحلول نتيجة انضمامها الى شريحة النحاس وتحولها الى ذرات متعادلة ٠ وفى النهاية ، سوف يتحول الأمر من شريحة زنك فى كبريتات الزنك وشريحة نحاس فى كبريتات النحاس ، الى مجرد شريحة نحاس فى كبريتات الزنك ٠ وعند هـذا الحد تنتهى التفاعلات الكيميائية ويتوقف التيار الكهربى ٠ غير أنه مع اقتراب انتهاء التفاعلات الكيميائية يبدأ التيار الكهربى فى التضاؤل حتى يصل الى درجة تنعدم معها صلاحية البطارية ٠

ولكن اذا كانت البطارية لا تصلح للاستخدام الا لفترات محدودة فانها سوف تكون مكلفة للغاية ، وقد لا يلقى العلماء بالا الى التكاليف عندما يتعلق الأمر بتجاربهم واكتشافاتهم٠ ولكن ماذا يكون من أمر العامة الذين يريدون استخدام البطاريات لأغراض عديدة تعلمها جيدا ٠ وقد نتساءل الآن : هل من وسيلة لخفض التكاليف لدرجة تتيح أن تصبح البطاريات منتجا عمليا تغطيه التكنولوجيا البسيطة ؟

من الواضح أن هذه الوسيلة موجودة ، بدليل أن كل الناس ، حتى ذوى الدخول المحدودة ، يستخدمون البطاريات باستمرار ٠ وسوف نتناول تلك المسألة فى الفصل التالى ٠

الفصــل الثالث

أمور جارية

كنت أحد الجالسين فى منصة الرئاسة فى أول يوم من احدى الندوات العلمية السنوية التى أديرها كل صيف لمــدة أربعة أيام ، واذا بطفل نشيط ينم بريق عينيه عن الذكاء ويجلس فى الصف الأول ، يطرح سؤالا بارعا • وكعــادتى فى مثل هذه الحالات رمقته بعينى الثاقبتين وقلت له : « انك فى الثانية عشرة من عمرك ، أليس كذلك » •

وكما هى العادة أيضا كنت صائبا فى تقديرى حيث رد قائلا : « نعم ، كيف عرفت ذلك ؟ » •

ولم يكن من الصعب تقدير عمر الغــلام ، فعلى نحو ما بينت فى مقال سابق، الأطفال الأذكياء دون الثانية عشرة من عمرهم يكبحهم ويؤرقهم الشــعور بعــدم الأمان ، والذين تجاوزوا هذه السن تشغل بالهم المسئولية الاجتماعية • أما من هم فى الثانية عشرة فهدفهم الوحيد فى الحياة هو احراج رؤساء الندوات أو اللجان •

وقد ابتهج ذلك الطفــل ، الذى يدعى أليــكس ، بما شرحت • وكان لطيفا جذابا حتى اننى سعدت جدا بصحبته على مدى الأيام القليلة التالية • وبالطبع لم أستطع مقاومة نزعتى فى التــلاعب بالكلام معــه ولكن لم أكن وحــدى فى الملعب ــ صدقونى •

فقد أشار فى حديث عارض الى انه سيحتفل بعيد ميلاده فى أكتوبر ، فقلت له : « أعتقد انك ستبدأ عامك الثــالث عشر » •

فقال اليكس : « نعم » .

فقلت : « ألا تود البقاء فى الثانية عشرة » .

قال : « لا ، لا أود » .

فقلت : « ستحول الى مجرد صبى مغفل فى الثالثة عشرة من عمره ، أليس كذلك يا اليكس ؟ » ، قلت ذلك بابتسامة جانية دون أن أتنبه الى أنى أوقعت نفسى بحماقة فى مأزق .

وأعتقد أن أليكس لاحظ ذلك ، فقد نظر الى جادا وقال « هل حدث ذلك عندما كنت فى الثالثة عشرة ؟ » .

وماتت الابتسامة على وجهى على التو ، فقد كانت ضربة قاضية . ولم أجد ما أقوله سوى ذلك الرد الأجوف : « لقد كنت حالة استثنائية » فرد قائلا : « ولم لا أكون أنا ايضا حالة استثنائية ؟ » .

وكان شيئا مفيدا أن أتعرض بين الحين والحين لمثل هذه المواقف المحرجة ، وقد جعلت منها أضحوكة حتى ولو كنت بطلها . ولكنها نالت قليلا من ثقتى فى قدرتى على الاستمرار فى روايتى عن انتاج الكهرباء .

ولكن هل من خيار ؟

●●●

لقد أنهينا الفصل السابق بمناقشة أحد التصميمات المحتملة لبطارية كهربية تحتوى على الكترود من الزنك مغمور فى محلول من كبريتات الزنك والكترود من النحاس مغمور فى محلول من كبريتات النحاس . وكان هدف تلك المناقشة هو مجرد شرح الأسس التى تقوم عليها البطاريات الكيميائية فى توليد الكهرباء . غير أن التفاعلات الكيميائية فى هذا المثال الخاص تتم ببطء شديد حتى ان ما يتولد من

تيار كهربى يكون من الضعف بحيث لا يصلح لأى استخدام عملى ·

وتتمثل ابسط طريقة لعلاج ذلك العيب فى تغيير المحلول الذى تغمر فيه الالكترودات بمحلول حمضى ، فى هذه الحاله سوف تتكون البطارية من زنك ونحاس مغمور فى محلول حامض الكبريتيك · ومن طبيعة الزنك (الذى يتسم بقدر من النشاط الكيميائى يفوق كثيرا النحاس) أن يتفاعل مع الحامض بسرعة كبيرة ، ولذلك ينبغى حمايته بطبقة من الزئبق الخامل على سبيل المثال بهدف ابطاء ذلك التفاعل قليلا ·

ويعتمد التفاعل على أن الزنك يتحول الى أيونات زنك بينما يمتص النحاس أيونات النحاس · وتتمثل المعادلة الكيميائية الرئيسية فى أن الزنك مع كبريتات النحاس يسفر عن كبريتات زنك النحاس · وفى هذا التفاعل تنتقل الالكترونات من النحاس الى الزنك ثم تعود من الزنك عبر دائرة الأسلاك والأجهزة ، الى النحاس ·

ويفترض أن يتولد بهذه الطريقة تيار كهربى على درجة من الشدة تتيح استخدامه عمليا ، وأن يستمر ذلك التيار الى أن ينتهى التفاعل الكيميائى بذوبان الزنك تماما · ولكن ذلك لا يحدث ! فالتيار يضعف ويتوقف فى وقت قصير بدرجة تبعث على الدهشة ·

وقد درس العالم الانجليزى جون فريدريك دانييل (١٧٩٠ ــ ١٨٤٥) هذه المشكلة وتوصل الى سببها · فخلال التفاعل الكيميائى ينبعث غاز الهيدروجين من حامض الكبريتيك · ويتجه الهيدروجين صوب الالكترود النحاس ويتراكم عليه فيعزله بحيث تتناقص تدريجيا قدرته على المشاركة فى التفاعل الكيميائى · فتكون النتيجة أن يضعف التيار الى أن يتلاشى ·

ولتذليل تلك العقبة عمل دانييل على تصعيب وصول الهيدروجين الى النحاس ، فصنع فى عام ١٨٣٦ بطارية وضع فيها الزنك وحامض الكبريتيك داخل مرىء ثور ، ثم وضع مرىء الثور بما يحتويه داخل وعاء من النحاس يحتوى على محلول كبريتات النحاس ٠

وكانت النتيجة أن بقى الهيدروجين المحرر الى جوار الزنك مع التسرب ببطء شديد من خلال مسام المرىء ٠ وبخروجه من المرىء يتفاعل الهيدروجين مع كبريتات النحاس فيتكون حامض الكبريتيك ونحاس ـ ويتجه النحاس الى تكوين طبقة داخلية على الوعاء ٠ ويتسم معدل تسرب الهيدروجين بدرجة من البطء بحيث لا يتسنى لكميات كبيرة منه أن تفلت من التفاعل مع كبريتات النحاس ، وبالتالى تقل فرصة تراكم الهيدروجين على النحاس وعزله ٠

وبهذه الطريقة صارت « بطارية دانييل » تتميز بالقدرة على انتاج الكهرباء بكمية كبيرة ولفترة زمنية أطول ، وأصبحت بذلك أول بطارية عملية (وما لبث الكيميائيون أن استعاضوا عن مرىء الثور بالخزف غير المصقول ، فهو أسهل فى التداول وله نفس الخصائص المسامية التى تتيح نفس معدل تسرب الهيدروجين) ٠

غير أن من عيوب بطارية دانييل أنها لابد أن تكون مصنعة قبل الاستخدام مباشرة ٠ ولو أنها صنعت قبل الاستخدام بفترة طويلة ستتسرب المواد الموجودة داخل وخارج الخزف غير المصقول من خلال المسام وسيحدث معظم التفاعل الكيميائى أو كله قبل أن يتسنى استخدام البطارية ٠

أما العيب الثانى فهو بالطبع ارتفاع سعر النحاس ٠

وفى عام ١٨٦٧ ابتكر مهندس فرنسى يدعى جورج لوكلانشيه (١٨٣٩ ـ ١٨٨٢) نوعا آخر من البطاريات

الكيميائية استغنى فيه عن النحاس - فقد وضع في اناء الخزف غير المصقول عمودا من الكربون (وهو رخيص الثمن) وأحاطه بمزيج من مسحوق الكربون وثانى آكسيد المنجنيز، ثم وضع الاناء فى وعاء أكبر يحتوى على محلول كلوريد الأمونيا وعمود من الزنك • وتنساب الالكترونات فى « بطارية لوكلانشيه » من الزنك الى الكربون •

وشهدت السنوات العشرون التالية ادخال العديد من التعديلات على بطارية لوكلانشيه ، حيث أضيف دقيق وجص الى كلوريد الامونيا لاكسابه قوام العجينة ، واستعيض عن الخزف غير المصقول بكيس من القماش ، ثم تحول عمود الزنك الى وعاء من الزنك يحتوى على العجينة مغروس بها الكيس وما بداخله ، وأخيرا تم تغطية كل ذلك بطبقة عازلة من القار ، ثم غلفت البطارية بالكرتون •

وقد انتهى كل ذلك الى ما نطلق عليه اليوم ببساطة اسم بطارية ، وأحيانا ما تسمى « بطارية جافة » ، وهى بالطبع ليست جافة ، فلو أجرينا عليها مقطعا لوجدنا الخليط رطبا (حيث لا يمكن أن تعمل اذا كانت جافة بالفعل) ، ومع ذلك فهى جافة من الخارج ، أو هكذا يراها المرء على الأقل • وعلى أية حال فهى خفيفة يمكن حملها فى الجيب ، وما دامت سليمة ، فهى لا يتسرب منها شىء ، وأخيرا يمكن استخدامها فى أى وضع حتى ولو مقلوبة •

ويطلق عليها أيضا « بطارية الكشاف الضوئى » ، حيث كان استخدامها فى الكشاف الضوئى هو أول ما عرف الناس بها • وقد صارت اليوم تنتج بأحجام وأشكال مختلفة وتستخدم فى جميع الألعاب الكهربائية التى تباع « بدون البطاريات » ، كما تستخدم فى تشغيل جميع الأجهزة الالكترونية المحمولة من المذياع الى الكمبيوتر •

وعلى مدى السنوات المائة الماضية ، ابتكرت أنواع عديدة

من البطاريات ، لكل منها مزاياها وعيوبها وبعضها مصمم خصيصا لتغطية استخدامات معينة · غير أن تسعين فى المائة من البطاريات حتى يومنا هذا ما هى فى الأساس الا بطاريات لوكلانشيه ، فمازالت هى « حمار الشغل » ·

وأيا كانت مزايا بطاريات لوكلانشيه فهى تولدالكهرباء عن طريق أكسدة الزنك ، أو بمعنى أوضح ، احتراق الزنك ، والزنك ليس بمادة باهظة الثمن ولكنها أيضا ليست بالغة الرخص · ولو حاول المرء حرق الزنك فى موقده أو محرك سيارته لاكتشف سريعا أنه لن يتحمل الحر فى الشتاء ولا قيادة سيارته فى أى وقت ·

ويعزى السبب الوحيد فى امكان استخدام البطاريات بسعر معتدل الى أنها تستعمل فى استخدامات لا تحتاج الا لقدر محدود من الطاقة ، فالمذياع أو الساعة أو أية آلة تعمل بالبطاريات لا تحتاج قدرا كبيرا من الطاقة ·

أما الاستخدامات التى تتطلب طاقة عالية فلابد لها من أنواع مختلفة من الوقود ، وهى عناصر موجودة ومتاحة ، وتحترق فى الهواء مما يؤدى الى توليد الحرارة · وتعد الأنواع المختلفة من الوقود عناصر تحتوى فى المعتاد على الكربون ومنها على سبيل المثال الخشب والفحم ومختلف المشتقات البترولية مثل الغاز الطبيعى والجازولين والكيروسين والزيت ·

ولعلنا نتساءل هل يمكن احراق وقود فى بطارية كيميائية (بطارية وقود) بهدف توليد كهرباء بدلا من الحرارة ؟ من الممكن بالطبع احراق الوقود باحدى الوسائل العادية ثم استخدام الطاقة الحرارية لتوليد الكهرباء بطرق مختلفة · غير أن ذلك الأسلوب يحد من فعالية الطاقة · فأيا كانت الوسيلة المستخدمة ، لا يسفر التحول من وقود الى حرارة ثم من حرارة الى كهرباء الا عن ٤٠ أو ٥٠ فى المائة

من مقدار الطاقة الموجودة في الوقود قبل التحول · أما فى البطارية الكهربية فتقترب نسبة تحول الطاقة الى كهرباء من ١٠٠ فى المائة ·

وكان اول من ابتكر بطارية تعمل بالوقود هو محاميا انجليزيا يدعى وليم روبرت جروف (١٨١١ ــ ١٨٩٦) استهوته مسألة الأبحاث والتجريب الكهربى أكثر من ممارسه المحاماة ·

وقد قام فى عام ١٨٣٩ بتصميم بطارية كيميائية تتكون من الكترودين من البلاتين مغمورين فى محلول حامض الكبريتيك · وبالطبع لو توقف الأمر عند ذلك الحد لما كانت هناك فرصة لتولد كهرباء من البطارية · فليس هناك من سبب يبعث الالكترونات على التحرك فيما بين الكترودين لهما نفس الخصائص · وحتى لو تحركت الالكترونات لسبب أو آخر ، فمن المعروف أن البلاتين عنصر خامل للغاية ولا يتعرض لأى تفاعلات كيميائية فى محلول حامض الكبريتيك ، وبدون تفاعلات كيميائية لا تعمل البطارية الكيميائية ·

واذا كان البلاتين عنصرا خاملا فى حد ذاته فان سطحه يشكل ــ اذا كان نقيا ــ مكانا جيدا للتفاعلات الكيميائية فيما بين عناصر أخرى· بمعنى آخر، يعتبر البلاتين «حفازا» يعمل على تنشيط التفاعلات الكيميائية دون أن يكون له أى دور ظاهر فيها · وكان هامفرى ديفى قد اكتشف تلك الخاصية فى عام ١٨١٦ ·

وفى عام ١٨٢٠ استخدم الكيميائى الألمانى جوهان وولفجانج دوبرينر (١٧٨٠ ــ ١٨٤٩) هذه الخاصية ، حيث سلط تيارا من غاز الهيدروجين على مسحوق البلاتين فوجد أن الهيدروجين يتحد مع الاكسجين فى الجو فى تفاعل بالغ الشدة حتى انه يسفر عن اشتعال لهب (وليس من شأن

الهيدروجين، بدون خاصيه التحفيز التى يتسم بها البلاتين ، ان يتحد مع الاكسجين الا اذا تعرض لتسخين شديد) ٠

وكانت هذه هي فكرة أول ولاعة سجائر حديثة . وقد انتشرت لفترة من الزمن ٠ وبحلول عام ١٨٢٨ كان عـدد الولاعات من هذا النوع فى المانيا وبريطانيا العظمى يناهز العشرين آلفـا ٠ غير أن دوبراينر لم يربح بنسا واحدا من ورائها ، فلم يكن قد سجل براءة هذه الاختراع ، فضلا عن أن تلك الولاعات لم تشكل سوى بدعة مؤقتة وذلك لأسـباب سوف نتناولها بعد قليل ٠

وكان جروف قد اطلع بطبيعة الحال على أبحاث دوبراينر وفكر فى احتمال أن يكون للبلاتين نفس التأثير التحفيزى لو استخدم فى البطارية الكهربية ٠ وللتأكد من ذلك جاء جروف بالكترودين من البلاتين ووضع أحدهما فى أنبوبة تحتـوى على هيدروجين والآخر فى أنبوبة تحتوى على أكسجين والواقع أنه كون بذلك الكترودا من الهيدروجين وآخر من الاكسجين ٠

وقد حصل جروف بالفعل على تيار كهربى من هـذه البطارية ٠ وقام بعد ذلك بتصنيع خمسـين واحـدة منهـا وأوصلها ببعضها فحصل على تيار قوى ٠

وقد يبدو ذلك أنه انجاز كبير ٠ فالبلاتين لا يستهلك أيا كانت مدة تشغيل البطارية ، كذلك حامض الكبريتيك ٠ وكان التغيير الوحيـد الذى يجـرى فى البطارية هـو أن الالكترونات تنتقل من الهيدروجين الى الأكسـجين وهـو ما يكافىء كيميائيا اتحـاد الهيـدروجين والأكسجين لتـكوين الماء ٠ وهذا يعنى بالطبع زيادة المياه فى البطارية مما يؤدى الى تخفيف محلول حامض الكبريتيك بصفة مستمرة ، غير أن تلك المشكلة تتلاشى لو عنى أحـد بالتخلص دوريا من هـذا القائض من المياه بأية وسيلة ٠

ومن منطلق اثبات امكان تصنيع بطارية تعمل بالوقود، تمثل بطارية جروف نجاحا كاملا ، غير أن هذا النجاح يتحول الى فشل على الصعيد العملى ٠

فاذا اعتبرنا الهيدروجين واحدا من أنواع الوقود فانه نوع غير عملى ، فهو لا يوجد على الأرض بهيئته ولكن ينبغى تصنيعه ، وتلك عملية تحتاج الى طاقة مما يجعله أيضا مرتفع التكاليف ٠

ويعد البلاتين كذلك عنصرا باهظ الثمن ٠ صحيح انه لا يستهلك أثناء تشغيل البطارية ٠ ولكن ينبغى أن نقدر حجم رأس المال الراكد لو فكرنا فى انتاج كم من هذه البطاريات يكفى لمواجهة كافة الاحتياجات والاستخدامات ٠

علاوة على ذلك ، فمن عيوب البلاتين أنه يفقد صلاحيته بسهولة ، حيث تقتضى خاصية التحفيز التى يتسم بها ، أن يكون السطح نقيا خاليا من العوالق والشوائب ٠ واذا كانت جزيئات الهيدروجين والأكسجين تتعلق مؤقتا بسطح البلاتين ثم تنفض عنه بعدأن تنبعث منها أو تنضم اليها الالكترونات، فهناك العديد من العناصر التى تلتصق بسطح البلاتين ولا تبارحه بسهولة ، فتبقى كطبقة دقيقة أحادية الجزىء على السطح لا تراها العين المجردة ، ولكنها تحول دون وصول جزيئات عناصر مثل الهيدروجين والأكسجين اليه ٠

ويوصف البلاتين فى هذه الحالة بأنه قد «تسمم» ويفقد خاصية التحفيز التى تساعد على اتحاد الهيدروجين والأكسجين ٠ وحتى يحين موعد فك الالكترودات البلاتين وتنظيفها تتوقف بطارية الوقود عن العمل ٠ (وتلك هى الأسباب التى جعلت ولاعة دوبراينر تبدو غير عملية وسرعان ما بطل استخدامها) ٠

يتضح من ذلك أن مسألة انتاج بطارية وقود عملية وسهلة التنفيذ كانت مسألة عسيرة ٠

وفى سنة ١٩٠٠ جرت محاولة أخرى قام بها الأمريكى و٠و٠ جاك ، وقد اتخذ عدة خطوات فى الاتجاه الصحيح ٠

فقد بدأ بالاستغناء عن البلاتين ، ثم استعاض عن

الهيدروجين بعمود كربون يمكن تصنيعه بسهولة من الفحم وليس هناك ما يدانيه فى رخص الثمن ·

ووضع جاك عمود الكربون فى هيدروكسيد الصوديوم السائل داخل اناء من الحديد · ويشكل الحديد (وهو أرخص أنواع المعادن) الالكترود الآخر ، ثم مرر هواء (وليس آكسجين) على هيئة فقاعات بعمودالكربون · ومن شأن الأكسجين الموجود فى الهواء أن يتفاعل مع الكربون ليكون ثانى أكسيد الكربون ، مما يسفر عن توليد تيار كهربى ·

ويخال لنا أن بطارية جاك تمثل الحد الأدنى من التكلفة، فأى العناصر ستكون آرخص من الفحم والحديد والهواء · ولكن كان هناك عيبان : يتمثل العيب الأول فى ضرورة تسخين البطارية بشكل مستمر من أجل ابقاء هيدروكسيد الصوديوم فى حالة سائلة ، وذلك يحتاج لقدر من الطاقة · أما العيب الثانى فهو أن ثانى أكسيد الكربون الناجم عن التفاعل يلجأ ، بدلا من الخروج الى الهواء على هيئة فقاعات، الى التفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم غالى الثمن نسبيا ، ليكون كربونات الصوديوم وهو مركب بالغ الرخص ·

وهذا ما جعل أيضا من بطارية جاك نجاحا نظريا ولكن فشلا عمليا · وقد باءت بالفشل كل المحاولات التى بذلت فى اتجاه تحسين الجانب العملى · وهذا لا يعنى نهاية المطاف ، فالبطاريات التى تعمل بالوقود موجودة بالفعل ويمكن استخدامها فى أعمال متخصصة دقيقة · ولكن الى يومنا هذا ، لم تتسم واحدة منها بقدر من الرخص أو من السهولة العملية ، بما يتيح استخدامها على نطاق واسع للعامة · ومازالت بطارية لوكلانشيه الجافة تشكل الحصان الجامح فى هذا المجال ·

ومن شأن كل البطاريات المشار اليها آنفا أن تستعمل حتى تتوقف عن توليد الكهرباء ، فيتم التخلص منها ·

(الا لو أراد المرء الاحتفاظ بها كقطعة فنية أو كتميمة يستبشر بها !) ٠

ولكن ألا يبعث ذلك على الأسف : ألا يمكن التفكير فى اعادة استخدام هذه البطارية ؟ اليس من سبيل لقلب الامور فى الاتجاه المعاكس ، فيدخل المرء تيارا كهربيا الى البطاريه بهدف اجراء تفاعل كيميائى عكسى ، وعندما يسفر هذا التفاعل عن الوصول بالبطارية الى حالتها الأصلية ، يعاد استخدامها مرة ثانية ثم يتكرر عكس الأمور وهلم جرا ؟

تبدو الفكرة عظيمة على الصعيد النظرى ٠ فالتفاعلات الكيميائية يمكن أن تعكس ولكن لو بقيت كل نواتج التفاعل دون أن يتسرب أى منها ، ولو لم يحدث أيضا أى تغير كبير فى الحالة النوعية للمواد (أى لم يحدث قدر كبير من «الزيادة الانتروبية ») ٠

فعلى سبيل المثال ، يتفاعل الزنك مع حامض الكبريتيك فيتكون كبريتات الزنك وهيدروجين ٠ ولو تسرب الهيدروجين ، فان توفير الظروف العكسية لن يؤدى الى عودة كبريتات الزنك الى زنك وحامض كبريتيك حيث يحتاج هذا التفاعل العكسى لذلك الهيدروجين الذى تسرب ٠

أما الحالة الثانية فنمثلها بالسكر ، فلو تعرض السكر للتسخين فسنيتحلل الى كربون وأبخرة ، ولكن هل سنحصل على السكر لو أبقينا هذه الأبخرة وحاولنا مزجها مرة أخرى مع الكربون ؟ والاجابة هى النفى ، لأن تحلل السكر يمثل درجة عالية من زيادة الانتروبيا وبالتالى لا يمكن أن يحدث تفاعل عكسى ٠

ومع ذلك فمن شأن بعض التفاعلات الكيميائية ، التى تؤدى الى توليد تيار كهربى ، أن تحدث فى الاتجاه العكسى لو عكس التيار ٠ ففى الاتجاه الأول للتفاعل الكيميائى

يتولد تيار كهربى ، حيث تتحول الطاقة الكيميائية الى طاقه كهربية • أما لو تغير الأمر في الاتجاه المعاكس ، فسوف تعود البطارية الى حالتها الأصلية وتتحول الطاقة الكهربية الى طاقة كيميائية • ويبدو بذلك أن البطارية تختزن الطاقة الكهربية وتحفظها للاستخدام مستقبلا • ومثل هذه البطارية تسمى « المركم » أو « البطارية المختزنة » •

ويمكن تشغيل البطارية المختزنة فى اتجاه ثم فى الاتجاه العكسى الى مالا نهاية • فتارة يتم « تفريغها » عن طريق تحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربية ثم « يعاد شحنها » بتحويل الطاقة الكهربية الى طاقة كيميائية وهلم جرا •

وتوصف البطاريات المختزنة أيضا بأنها « بطاريات ثانوية » ، وذلك لتمييزها عن البطاريات الجافة العادية وما شابهها والتى يطلق عليها « بطاريات أولية » (ولا أرى بأمانة لماذا يطلق على بطارية تستخدم لمرة واحدة « أولية » وعلى البطارية التى يعاد شحنها واستخدامها مرار وتكرارا « ثانوية » ، وكل ما هناك أن البطاريات العادية ابتكرت واستخدمت قبل الأخرى) •

وقد ابتكر أول مركم فى عام ١٨٥٩ وصنعه الفيزيائى الفرنسى جاستون بلانتيه (١٨٣٤ ـ ١٨٨٩) ، واستخدم فيه شريحتين من الرصاص بينهما شريحة من المطاط • وقد شكل شريحتى الرصاص على هيئة حلزون (حيث ان الرصاص معدن طرى) ثم دلاهما فى محلول حامض الكبريتيك • وبما أن الرصاص يتفاعل مع حامض الكبريتيك ، سرعان ما يتحول الى كبريتات الرصاص •

ولاحظ بلانتيه انه عندما يمرر تيارا كهربيا فى واحدة من شريحتى الرصاص ويستقبله فى الشريحة الأخرى ، كان يحدث تغير كيميائى يسفر عن اختزان قدر من الطاقة • وكان يستغل هذه الطاقة الكهربية عن طريق نفس شريحتى الرصاص الى أن تفرغ البطارية فيعيد شحنها مرة أخرى •

ثم لجأ بلانتيه الى استخدام تسعة من هذه الحلزونات وعلقها مع بعضها ، ثم وضع كل ذلك داخل صندوق ، وأثبت أن ذلك الجهاز ينتج قدرا مدهشا من الكهرباء ٠

وبفحص مركم بلانتيه بعد شحنه ، تبين أن احدى شريحتى الرصاص مغطاة بثانى أكسيد الرصاص ، بينما تكسو الأخرى طبقة اسفنجية من الرصاص الهش ٠

وقد استغلت هذه النتيجة كنقطة انطلاق فى انتاج هذا النوع من البطاريات ٠ وتتكون اليوم « البطاريات رصاص/ حامض المختزنة » من عدد من الشبك المسطحة المصنوعة من الرصاص والمعزولة عن بعضها ، وهى مكسوة بالتتابع واحدة بثانى أكسيد الرصاص والأخرى بالرصاص الاسفنجى ٠ وعند سحب التيار الكهربى يتفاعل كل من ثانى أكسيد الرصاص والرصاص الاسفنجى مع حامض الكبريتيك فتتكون كبريتات الرصاص وماء ٠

واذا تم تمرير التيار الكهربى فى البطارية فى الاتجاه المعاكس ، يتكون من جديد الرصاص وثانى أكسيد الرصاص ، وتختفى كبريتات الرصاص ليعود حامض الكبريتيك الى الظهور ٠

وهذا النوع من البطاريات المختزنة هو النوع الشهير المستخدم فى السيارات والمركبات الأخرى ٠ فهى توفر شحنة الكهرباء القوية اللازمة لبدء تشغيل السيارة (ثم تعتمد السيارة بعد ذلك فى سيرها على احتراق الوقود فى الاسطوانات) علاوة على التيار المنتظم اللازم للاضاءة والمذياع والنوافذ الآلية والولاعات وما الى ذلك من أجهزة كهربية فى السيارة ٠

واذا كان ذلك الاستهلاك يؤدى الى تفريغ البطارية ، فان بعضا من الطاقة الناجمة عن احتراق الوقود أثناء سير

العربة يستغل فى توليد الكهرباء اللازمه لاعادة شحنها ٠
ويمكن بهذا الأسلوب استخدام البطارية لسنوات دون أن تتلف ، وذلك ما لم تتعرض لتحميل زائد ، كأن يستمر شخص فى محاولة تشغيل عربة بها عطل ، أو أن ينسى أحد اطفاء أنوار السيارة وهى مصفوفة لمدة طويلة ٠

ومع استمرار عمليات الشحن والتفريغ تتجمع الشوائب (ما من شيء يتصف بالكمال) وتتراكم مع مرور الوقت على الشرائح ، فتقل قدرة البطارية على تخزين الكهرباء ، وتصبح فعاليتها محدودة ٠ وعند هذا الحد تبدأ المشاكل بمجرد التعرض لأى عامل مناوىء ، لا سيما عند بدء تشغيل السيارة ، وغالبا ما يؤدى ذلك الى أن يواجه قائد السيارة أزمات سخيفة فى أوقات حرجة ، والحل الوحيد هو شراء بطارية جديدة ٠

واذا قلت كفاءة البطارية فى شحن الطاقة ، تتحلل المياه فى محلول حامض الكبريتيك الى هيدروجين وأكسجين ويتسرب الغاز فى صورة فقاقيع ٠ وتبدأ المياه فى التناقص حتى ينكشف الطرف العلوى من الشرائح المعدنية ٠ ولذلك لابد من مراعاة تزويد البطاريات بالمياه بين الحين والحين لدرء مثل هذا الاحتمال ٠

وثمة أنواع أخرى من البطاريات المختزنة بخلاف تلك التى تعتمد على الرصاص والحامض ٠ فقد ابتكر توماس الفا أديسون (١٨٤٧ ـ ١٩٣١) فى مستهل القرن العشرين بطارية تستخدم النيكل والحديد ٠ وثمة أنواع أخرى كـ « النيكل ٪ كاذميوم » و « الفضة / الزنك » ٠

ويتمثل العيب الرئيسى للبطاريات المختزنة (رصاص ـ حامض) فى ثقل وزنها ٠ أما البطاريات الأخرى من هذه الفئة ، فهى أخف وزنا ولكنها أغلى ثمنا ولا توفر بصفة عامة شحنة كهربية قوية عند الطلب ٠ لهذا السبب ، مازالت

البطـارية المختزنة (الرصـــاص ـ حامض) هى الاكثر استخداما ، رغم أنها كانت باكورة الابتكارات فى هـــذا المجال • وهناك كلام كثير ومستمر عن تغيير هذه البطارية، وسوف يأتى بلا شك اليوم الذى يكتشف فيه شىء أفضل • ولكن لم يحن الوقت بعد •

وثمة سؤال متصل بالبطارية المختزنة وهــو : من أين تأتى الكهرباء التى تستخدم فى اعادة شحن تلك البطارية ؟

من المؤسف أن القانون الثانى فى الديناميكا الحرارية (والمعروف أيضا باسم « قانون الضرر العام فى الكون ») ، يفيد بأن كمية الطاقة الكهربية اللازمة لاعادة شحن البطارية تزيد على كمية الطاقة التى تولدها عند التفريغ •

وبالتــالى فان اســتخدام بطارية كهربيــة لاعادة شحن بطارية مختزنة يعد عملية خاسرة ، فلو أن بطارية مختزنة تولد على سبيل المثال مقدار ما تولده خمس بطاريات جافة عادية ، ولكنها تحتاج لست بطاريات جافة لاعادة شــحنها ، فالأفضل استخدام البطــاريات الجافة العــادية الخمس لأداء الــوظائف التى تقــوم بهــا البطارية المختزنة فى كل دورة تفريغ •

نســتخلص من ذلك أن البطاريات لو كانت المصـــدر الوحيد للطاقة ، لصارت البطاريات المختزنة مجرد وســيلة لاستهلاك البطاريات الكيميائية أسرع من أية وسيلة أخرى•

ومن ثم ، فليس من سبب يبعث على استخدام البطاريات المختزنة ، ما لم يتسن شحنها بطاقة كهربية مولدة بطريقــة مختلفة أرخص من البطاريات الكيميائية :

ومن ثم ، ليس من سبب يبعث على استخدام البطاريات موجود وسوف نتناوله فى الفصل التالى •

الفصل الرابع

دفــع الخطــوط

حضرت منــذ بضــعة أشــهر محــاضرة عن الموســيقى التصويرية • وقد استمتعت بهذه المحاضرة لأنى لا أعلم شيئا عن الموسيقى ، وبالأخص الموسيقى التصويرية ، واكتشفت أنها مسلية وتســتحق أن تدرس • وكنت أتابع المحــاضرة باهتمام لا سيما عندما شرح المحاضر أن موريس رافيل كان أحد البارزين فى هذا اللون من الموسيقى •

وقال المحاضر فى تأكيد : « أى شــخص يزعم ، بعــد الاستماع لقطعة موسيقية لرافيل ، أنه قادر على أن يدندن نفس النغم انما يخدع نفسه ، فالأنغام فى موسيقى رافيــل لها طابع مختلف » •

ولم أقل شيئا بالطبع ، ولــكنى وجدت نفسى ، وكنت جالسا فى الصف الأول ، أشعر بالرغبة فى الدندنة فى هذه اللحظة • ولما كنت لا أستطيع السيطرة تماما على نزعاتى ، دندنت • وتدرون بالطبع أنى لم أدندن بصــوت عال ولكن بقدر يتيح أن يسمعنى المحاضر •

فابتسم وقال : « باســتثناء البــوليرو بالطبع » (وهى موسيقى أسبانية) ، وضحك الجميع •

وشعرت للحظة أننى كنت كذلك الطفل الشرير البالغ من العمر ١٢ سنة ، والذى اعتدت أن أجســده عندما كنت فى الثانية عشرة من عمرى • كنت مولعا به !

ويبين لنا ذلك مدى خطورة التعميم • وهــذا هو أحد الأشياء التى أحاول أن أتذكرها أثناء كتابتى لهذه المقالات ،

وهو فى نفس الوقت واحد من الاشياء العـديدة التى دائما أنساها !! ولذلك فأنا أرحب دائما بأن تدندنوا لى «البوليرو»، بالمعنى المجازى طبعا ·

● ● ●

ناقشنا فى الفصلين السابقين مسألة توليد التيار الكهربى بواسـطة البطاريات ، أى بواسـطة أجهزة تحـول الطـاقة الكيميائية الى طاقة كهربية ·

ولعلنا نتساءل الآن، هل يمكن الحصول على تيار كهربى من نوع آخر من الطاقة ؟

فى الواقع ، عندما بدأت الخطوات الأولى لتصميم وانتاج البطاريات، كانت هناك مجموعة من العلماء ، أو شبه العلماء ، الذين كانوا يطلقون على أنفسهم لقب « فلاسفة الطبيعة » ، فى حين كانت آراؤهم تتأرجح بين التضليل التام فى كثير من الحالات والدجل البحت فى بعضها · وكان هناك فيزيائى دانمركى يدعى هانز كريستيان أورستيد (١٧٧٧ ـ ١٨٥١) قد وقع فى براثن هذه المجموعة ، ولما أفاق وأنقذ نفسه من خزعبلات كثيرة ، تعلم أن يكون منهجه هو كثيرا من الملاحظة والبحث وقدرا أقل من « الدروشة » ·

ومع ذلك ، فقد يتوصل المرء الى بعض النتائج المفيدة ـ حتى ولو بطريق الصدفة ـ من خلال دلالات قد تبدو سخيفة لا قيمة لها · من هذا المنطلق بدا لأورستيد أن هناك علاقة تبادلية بين الكهرباء والمغناطيسية ، فثمة أوجه تماثل بين القوتين ، فكلتاهما تنطوى على ظاهرة الجـذب والتنـافر ، (فالشحنات أو الأقطاب المتماثلة تتنافر والمتغايرة تتجاذب)، كما أن مقدار القوة فى كل منهما يتناقص بشكل متماثل مع التباعد وهلم جرا ·

غير أن أورستيد كان على درجة من العلم تجعله يسـعى لاثبات تلك العلاقة ولا يكتفى بمجرد الكلام عنها ، ولـكنه لم يكن يعرف أى اتجاه يسلك · وقبل نهاية ١٨١٩ واتتـه

فكرة مؤداها أن يضع بوصلة بجوار سلك يمر به تيار كهربى ليرى ما اذا كان التيار سيؤثر على ابرة البوصلة أم لا ٠

وفكر ، فى حالة الحصول على نتائج أولية مبشرة ، أن يجرى التجربة مباشرة فى محاضرة عامة ٠ وكان له ما أراد ، غير أن الحماس استبد به أثناء البيان العملى فأجرى التجربة باندفاع ولعثمة ٠

وقد حاول بعد ذلك شرح ما حدث ، غير أنى لست على يقين من أنى قد فهمت الشرح ، ولكن لدى انطباعا بأن نتائج التجربة شكلت مفاجأة أدهشته وأربكته تماما ، وان ما فعله انما كان محاولة لاخفاء هذه المشكلة ٠

وقد جرت التجربة على النحو التالى : استخدم أورستيد بطارية قوية يستطيع بواسطتها تمرير تيار فى سلك موصل للكهرباء ٠ ووضع السلك على غطاء البوصلة الزجاجى بحيث يوازى خط ابرة البوصلة ٠ وهى تشير الى الشمال ٠

وعندما بدأ فى توليد الكهرباء وتمرير التيار من الشمال الى الجنوب ، لاحظ أن ابرة البوصلة تحركت على التو وبشكل حاد واستقرت عند زاوية ٩٠° ، أى اتجهت الى التحاذى مع الاتجاه شرق ـ غرب ٠ فاندفع أورستيد ، وقد أدهشته تلك النتيجة ، الى فك السلك واعادة توصيله بالبطارية فى الاتجاه المعاكس ، أى انه عكس اتجاه التيار ٠ ثم وضع السلك على البوصلة ، وكانت الابرة قد عادت الى اتجاه الشمال ، فتحركت الابرة مرة ثانية ولكن فى عكس اتجاه المرة الأولى ٠

وقد شلت المفاجأة تفكير أورستيد وأربكته لدرجة انه لم يواصل التجربة ، وترك تلك المهمة للآخرين ٠

صحيح أنه أجرى فى وقت لاحق من حياته أعمالا أخرى مشهورة فى الكيمياء ، الا أن هذه التجربة ، التى أجراها دون

فهم عميق ، هى التى خلدته ، حيث أطلق اسمه رسميا فى عام ١٩٣٤ على وحدة شدة المجال المغناطيسى ·

وقد أحدث اعلان أورستيد عن اكتشافه (باللغة اللاتينية) ، فى أوائل العشرينات من القرن التاسع عشر ، ردود أفعال صاخبة لدى الفيزيائيين الأوروبيين ، وهى ردود أفعال لم يتكرر مثيل لها سوى بعد قرن من الزمان اثر اكتشاف ظاهرة انشطار اليورانيوم ·

وعقب اعلان اكتشاف أورستيد مباشرة ، أثبت فيزيائى فرنسى يدعى دومينيك ف·ج· آراجو (١٧٨٦ ــ ١٨٥٣) أن مرور التيار الكهربى فى السلك يكسبه خصائص مغناطيسية أخرى بخلاف التأثير على ابرة البوصلة ، فهو يجتذب برادة الحديد غير الممغنطة كما لو كان مغناطيسا عاديا ·

ثم أثبت فيزيائى فرنسى آخر يدعى أندريه مارى أمبير (١٧٧٥ ــ ١٨٣٦) أن من شأن سلكين متوازيين يمر بكل منهما تيار كهربى أن يتجاذبا لو كان التيار يمر فى نفس الاتجاه فى السلكين ، وأن يتنافرا لو كان التيار يمر فى اتجاهين متضادين ، وتلك أيضا خاصية من خصائص المغناطيس ·

وقد صمم أمبير تجربة كفل فيها لأحد السلكين حرية الدوران بطوله فى مستوى مواز للسلك الآخر · ثم مرر التيار الكهربى فى السلكين فى اتجاهين متضادين ، فكان أن دار السلك فكان أن دار السلك حر الحركة، بمقدار ١٨٠° ، فأصبح التياران يمران فى نفس الاتجاه · ويتماثل ذلك تماما مع ما يحدث للقطب الشمالى فى مغناطيس حر الحركة عندما يقترب منه القطب الشمالى لمغناطيس آخر، إذ يدور المغناطيس حر الحركة بحيث يأتى القطب الجنوبى مكان الشمالى ·

خلاصة القول ان خاصية « الكهرومغناطيسية » تماثل كثيراً المغناطيسية العادية ٠

ولقد كان معروفا منذ زمن طويل انه لو نثرت برادة الحديد على ورقة مقواة موضوعة فوق مغناطيس ، فانها ستتجه ، بالخبط الخفيف على الورقة ، الى الانتظام فى منحنيات منبعجة للخارج تبدأ عند قطب وتنتهى عند الآخر ٠ وقد أطلق العالم الانجليزى مايكل فاراداى على هذه المنحنيات اسم « خطوط القوة المغناطيسية » ٠

ويمثل كل واحد من هذه الخطوط منحنى تتساوى فيه القوة المغناطيسية ٠ ومن ثم يمكن لبرادة الحديد آن تتحرك على هذا المنحنى بأقل قدر من الجهد ، ولكن الانتقال من خط الى خط يتطلب جهدا أكبر (وذلك يماثل التحرك على سطح مستو ، فهو يجرى بجهد قليل ما دمنا على نفس « خط قوة الجاذبية » ، أما الانتقال من خط الى خط ، صعودا أو نزولا، فيقتضى بذل قدر أكبر من الجهد) ٠

ويتسم أيضا السلك الذى يمر به تيار كهربى بخاصية أحداث خطوط قوة مغناطيسية ٠ فلو أن السلك يمر من خلال فتحة فى ورقة مقواة منثور عليها برادة الحديد، فستتجه البرادة ، مع الخبط الخفيف على الورقة ، الى الانتظام فى سلسلة من الدوائر المتراكزة المتقاربة بما يسفر عن تشكيل خطوط قوة كهرومغناطيسية ٠

ولو جئنا بسلك كهربى وشكلناه على هيئة حلزون مثل الياى ، فسوف نحصل على ما يسمى « بالملف اللولبى » ٠

وبتمرير تيار كهربى فى مثل هذا اللولب سنجد أن التيار يمر فى كل واحدة من حلقات اللولب فى نفس الاتجاه الذى يمر فيه فى الخلقات الأخرى ٠ ومن ثم يعمل المجال المغناطيسى لكل حلقة على تقوية مجالات الحلقات الأخرى ٠ وبالتالى يعتبر الملف الكهربى مغناطيسا أقوى مما لو كان

السلك مفرودا ويمر فيه نفس التيار . وفي الواقع ، فان الملف الكهربى يشبه المغناطيس الى حد بالغ .

وتتحد خطوط القوة الدائرية المحيطة بالسلك الكهربى فتكون سلسلة من المنحنيات البيضاوية التى تتزايد فى الاتجاه الخارج من الملف الكهربى وتتناقص داخله . وبما أن المنحنيات الخارجة تزيد أقطارها كلما ابتعدت عن الملف فانها تتباعد فيما بينها . أما داخل الملف فلا مفر من أن تتقارب فيما بينها . وطبيعى أن القوة المغناطيسية تزيد كلما اقتربت خطوط القوة من بعضها وبالتالى يتسم الحيز الداخلى للملف بخصائص مغناطيسية أقوى منها خارجه .

وتتميز بعض المواد المصمتة بالقدرة على استيعاب عدد بالغ من خطوط القوة المغناطيسية . ويأتى الحديد فى مقدمة هذه المواد بما يتيحه من تركيز ضخم لخطوط القوة (ولذلك فهو شديد التأثر بالجذب المغناطيسى) .

ولو أحاط سلك ملف كهربى بقضيب من الحديد فان الخصائص المغناطيسية للملف ستزداد تركيزا . وتلك خاصية أثبتها فى عام ١٨٢٣ الفيزيائى الانجليزى وليم ستورجون (١٧٨٣ ــ ١٨٥٠) ، باستخدام سلك كهربى معزول بمادة الشيلاك وملفوف على هيئة لولب من ١٨ حلقة حول قضيب من الحديد .

ثم أجرى تجربة أخرى استخدم فيها قضيبا من الحديد، على هيئة حدوة حصان ويزن سبعة أونسات ، ملفوف حوله سلك كهربى . ولما مرر التيار فى السلك صارت حدوة الحصان مغناطيسا له قدرة تتيح حمل كتلة من الحديد تزن تسعة أرطال، أى عشرين مثل وزنه . وعندما فصل ستورجون التيار ، فقدت حدوة الحصان خاصية المغناطيس فى الحال فسقطت كتلة الحديد . لقد اخترع ستورجون بذلك ، « المغناطيس الكهربى » .

وفى عام ١٨٢٩ سمع الفيزيائى الأمريكى جـوزيف هنرى (١٧٩٧ ــ ١٨٧٨) عن المغنـاطيس الـكهربى الذى اخترعه ستورجون وتوسم في نفسه القدرة عـلى عمل شيء أفضل ، فمن الواضح أنه كلما زاد عدد لفات السلك الكهربى حول القضيب الحديد ، كان المغنـاطيس أقوى • ولـكن ، كلما زاد أيضا عدد اللفات زادت فرص تلامس السلك مـع بعضه • وبالتالى لابـد من عزل السلك بمـادة أفضـل من الشـيلاك ، لمنع سريان التيـار فى السـلك ككتلر نتيجـة التلامس ، وضمان مروره فى الطريق الطويل للفات الواحدة تلو الأخرى •

وقرر هنرى عزل السـلك بالحـرير ، واستخدم لهـذا الغرض تنـورة (ولم أتمـكن من التوصـل لشيء يبين رد فعل زوجته عندما أخبرها بالنبأ السعيد) • وما أن عزل السلك حتى لفه آلاف المرات حول القضيب الحديد • وبحلول عام ١٨٣١ ، كان قد صنع مغناطيسا كهربيا صـغير الحجم يمكنه رفع كتلة من الحديد يربو وزنها على طن • وعنـدما كان يفصل التيار كانت الكتلة تسقط محدثة دويا كبيرا •

الأمر اذن ليس مجرد تحويل الكهرباء الى مغنـاطيس ، ولكن أمكن بهذه الطريقة صنع مغناطيس يفـوق كثيرا فى قدرته المغناطيس العادى •

ولكن هل يمكن أن تسير الأمور فى الاتجاه العكسى ؟ هل يمكن توليد الكهرباء من المغناطيس ؟

أولى مايكل فاراداى اهتماما خاصـا بهـذا الموضوع ، وأجرى أربع محاولات لتوليـد الـكهرباء من المغنـاطيس ، ولكنه منى بالفشل فى كل مرة • غير أنه أقدم فى عام ١٨٣١ (وهو العام الذى صنع فيه هنرى مغناطيسه الكهربى العظيم) على اجراء تجربته الخامسة على النحو التالى :

استعمل فارادای حلقة من الحدید ولف سلكا كهربيا على أحد جوانبها ، ثم اوصل طرفي السلك بقطبی بطارية فحصل بذلك على دائرة كهربية ، واضاف اليها مفتاحا لفصل التيار بما جعله يتحكم في مغنطة الحلقة الحديد • وفی الجانب الآخر من الحلقة ، لف فارادای سلكا كهربيا آخر على أمل أن يتولد فيه تيار كهربی نتيجة المغناطيس •

ولكن كيف يتسنى له أن يعرف ما اذا كان هذا السلك الثانی قد سرى فيه تيار كهربی أم لا ؟ فليس من وسيلة للاحساس المباشر بالتيار الكهربی ، لا سيما لو كان ضعيفا •

وهنا فكر فارادای فی استخدام أحد تطبيقات تجربة أورستيد الأصلية • وكان الفيزيائی الألمانی جوهان س • ك • شويجر (١٧٧٩ ــ ١٨٥٧) قد بادر فی عام ١٨٢٠ ، عقب نشر نتائج أورستيد مباشرة ، الى تصميم جهاز صغير يتكون من ابرة ممغنطة معلقة فوق قرص به تدريج نصف دائرى ويحميه غطاء زجاجی • ولو أدمج هذا الجهاز فی دائرة كهربية بالطريقة الصحيحة ، فان سريان التيار الكهربی فی الدائرة سيؤدی الى دوران الابرة فی أی من الاتجاهين حسب اتجاه التيار (مثلما حدث فی تجربة أورستيد) وهذا الجهاز معروف باسم « جلفانومتر » نسبة الى جالفانی الذی أشرنا اليه فی الفصل الثانی •

ومن ثم أوصل فارادای جلفانومتر بالسلك الثانی فی الحلقة الحديد ، وأصبحت التجربة جاهزة •

كان فارادای يتوقع أنه عندما يضغط على المفتاح ويسرى التيار فی الملف الأول ستتحول الحلقة الحديد الى مغناطيس ، وسيكون من شأنها أن تولد تيارا فی الملف الثانی ، وأن الجلفانومتر سوف يسجل ذلك التيار بحركة ابرته • وبمعنى آخر كان فارادای يأمل أن يحول الكهرباء الى مغناطيس فی أحد أجناب الحلقة الحديد ، والمغناطيس الى كهرباء فی الجانب الآخر •

وضغط فاراداى على المفتاح ، وسرى التيار ولكن ما حدث جاء على غير التوقع • فعندما سرى التيار تحركت ابرة الجلفانومتر بما يدل على تولد الكهرباء فى الملف الثانى على نحو ما توقع فاراداى ، ولكن لم يدم ذلك سوى لحظة ، وانقطع التيار رغم أن المفتاح فى الدائرة الأولى مازال فى وضع التوصيل • وعادت ابرة الجلفانومتر الى وضع الصفر واستقرت فى مكانها • ولكن عندما فصل التيار فى الدائرة الأولى أتت الابرة بحركة خفيفة فى الاتجاه المعاكس •

بمعنى آخر تولد تيار فى الملف الثانى لحظة بدء سريان التيار فى الملف الأولى ولحظة توقفه • أما فى حالة الانتظام ، سواء بسريان التيار بشكل مستمر أو انقطاعه فلا يحدث شىء •

وفسر فاراداى ما حدث على النحو التالى : عندما بدأ التيار يسرى فى الملف الأول وتحولت الحلقة الحديد الى مغناطيس تولدت خطوط القوة المغناطيسية وأخذت تنتشر للخارج ، وأثناء تحركها تقاطعت مع حلقات الملف الثانى فولدت فيها تيارا كهربيا ، ولكن عندما وصلت هذه الخطوط الى مداها استقرت ، وبالتالى توقفت عن اختراق الملف الثانى ، ومن ثم توقف التيار فيه • أما عندما فصل التيار فى الملف الأول وانعدمت المغنطة فى الحلقة الحديد، انكمشت خطوط القوة المغناطيسية وتقاطعت مرة ثانية مع الملف الثانى ومن ثم ولدت فيها تيارا للمرة الثانية ولكن فى الاتجاه المعاكس •

واستنتج فاراداى أن تحول المغناطيس الى كهرباء يستوجب تهيئة الفرصة لأن تقطع خطوط القوة المغناطيسية بانتشارها السلك (أو أية مادة يمكن أن تسرى فيها الكهرباء) ، أو أن يتحرك السلك (أو أى موصل آخر) فيقطع خطوط القوة المغناطيسية •

ولاثبات ذلك ، لجا الى استخدام ملف متصل بجلفانومتر ثم ادخل قضيبا ممغنطا فى تجويفه . ونتيجة لتقاطع خطوط القوة المغناطيسية على حلقات الملف أثناء دخول المغناطيس تحركت ابرة الجلفانومتر فى اتجاه ، وعندما اخرج المغناطيس قطعت خطوط القوة حلقات الملف للمرة الثانية فتحركت الابرة فى الاتجاه المعاكس . أما لو أوقف المغناطيس فى أى وضع تعود الابرة الى الصفر دلالة على عدم وجود تيار .

ويروى انه ، بينما كان فاراداى يشرح هذه التجربة فى احدى محاضراته العامة ،سألته سيدة قائلة: «ولكن ياسيدى، فيم يستخدم ذلك؟» فأجابها بقوله : «سيدتى، فيم يستخدم طفل وليد » ! ويروى أيضا أن وليم جلادستون، وكان عضوا حديث الانضمام الى البرلمان ، ولكنه شغل بعد ذلك منصب رئيس الوزراء أربع مرات ، سأل نفس السؤال ، ويقال ان فاراداى رد عليه قائلا : « سيدى ، فى غضون عشرين سنة ، سوف تفرضون ضريبة على هذا الجهاز » .

ولست أميل الى تصديق هذه الرواية ، لأن المقارنة بطفل وليد جاءت أيضا فى رواية منسوبة لبنجامين فرانكلين عندما أطلق أول منطاد . ولكن حتى ان كانت صحيحة فلا بأس ، فمثل تلك الاجابات تأسرنى ، ولماذا نفترض دائما أن كل تجربة علمية مهمة لابد أن يكون لها استخدام ؟ يكفى أنها تنمى فهمنا للكون سواء أكان لها استخدام أم لا .

ولم يكن قانون بقاء الطاقة ، فى الوقت الذى كان يجرى فيه فاراداى هذه الأبحاث ، قد ترسخ وصار ، على نحو ما هو عليه اليوم ، قاعدة أساسية لا حيود عنها . ولو كان هذا القانون فى الأذهان فى ذلك الوقت لبرز سؤال : من أين يأتى التيار عند ادخال مغناطيس فى تجويف ملف ؟ هل تتحول الطاقة المغناطيسية ببطء الى طاقة كهربية ؟ وهل كل موجة من التيار الكهربى يقابلها تناقص طفيف فى القوة المغناطيسية

الى أن يتحول المغناطيس الى مجرد قطعه من الحديد بعد أن تتحول كل طاقته المغناطيسية الى كهرباء ؟

والاجابة على هذا السؤال هى : لا !

فالمغناطيس يحتفظ بكل شدته • وأيا كان عدد مرات ادخاله فى الملف واخراجه ، لا ينقص ذلك من قوته شيئا ، ومن شأنه نظريا أن يولد عددا لا نهائيا من موجات التيار الكهربى دون أن يفقد شيئا من خصائصه •

ولكن من المستحيل بالتأكيد الحصول على شىء من لا شىء ، أليس كذلك ؟ قطعا ! وبالفعل لا نحصل على شىء من لا شىء •

فمن خصائص خطوط القوة المغناطيسية أن تقاوم عملية دفعها على التقاطع مع الموصلات الكهربية ، وأيضا تقاوم الموصلات الكهربية أن تدفع الى قطع تلك الخطوط • وتقتضى عملية دفع قضيب عادى من الحديد داخل تجويف ملف ثم اخراجه بذل بعض الطاقة للتغلب على القصور الذاتى للقضيب • أما لو كان القضيب ممغنطا فسوف تستوجب نفس هذه العملية بذل مزيد من الطاقة لدفع خطوط القوة المغناطيسية على التقاطع مع حلقات الملف • وينسحب ذلك أيضا على عملية تحريك الملف صوب قطعة من الحديد ثم ابعاده عنها • ومرة أخرى سوف يقتضى الأمر بذل قدر اضافى من الطاقة لو كانت قطعة الحديد ممغنطة •

وهذا القدر الاضافى من الطاقة هو الذى يتحول الى طاقة كهربية •

ثم فكر فارادای بعد ذلك فى ايجاد طريقة لأن يقطع أحد الموصلات خطوط القوة المغناطيسية بشكل مستمر ، بحيث يتاح تولد تيار كهربى منتظم بدلا من مجرد موجات لحظية من التيار •

وبعد شهرين من التجارب ، آثبت فاراداى أن المغناطيس يمكن أن يكون مصدرا لتيار كهربى منتظم . وقد استخدم فى تجاربه قرصا رقيقا من النحاس ركبه على عمود دوار . وجعل المحيط الخارجى للقرص الدوار يمس بين قطبى مغناطيسى قوى . وبالتالى فهو يقطع بصفة مستمرة خطوط القوة المغناطيسية مما يؤدى الى تولد تيار كهربى متصل فى القرص طالما يدور .

وكان التيار يسرى من المحيط الخارجى للقرص النحاسى ، حيث سرعة الدوران الخطية وبالتالى شدة التيار فى ذروتيهما ، الى العمود حيث تقل السرعة الخطية الى أن تنعدم تماما عند المحور . ولو تم توصيل دائرة ، بحيث يشكل أحد طرفيها اتصالا منزلقا مع المحيط الخارجى للقرص الدوار والطرف الآخر مع العمود ، فسوف يسرى تيار كهربى فى الدائرة طالما استمر القرص فى الدوران .

ولم تكن عجلة التاريخ قد تجاوزت عام ١٨٣١ عندما اخترع فاراداى المولد الكهربى أو « الدينامو » (وهو لفظ مشتق من كلمة يونانية تعنى « القدرة ») . وبالطبع لم يكن هذا الدينامو الأول عمليا بدرجة كبيرة ، ولكن سرعان ما توالت التحسينات بشكل متلاحق ، وبمرور الوقت ، صار بالامكان توليد الكهرباء بشكل منتظم ونقلها فى كابلات لمسافات شاسعة وبأية كميات تكفى لتغذية المصانع والمكاتب والمنازل ، وصارت مآخذ التيار الصغيرة المثبتة فى الحوائط سمة لا غنى عنها للحياة فى الولايات المتحدة وفى البلدان الصناعية الأخرى . وما على المرء ، اذا أراد تشغيل أى جهاز كهربى ، الا أن يوصل الكابل الخاص بالجهاز بمأخذ التيار فى الحائط ثم يخلى باله (★) .

(★) يتسم المولد من النوع الذى ابتكره فاراداى بتوليد « تيار متصل » يسرى فى اتجاه واحد بصفة مستمرة . أما المولدات الحديثة فهى تولد « تيارا ترددیا » أى يسرى على هيئة نبضات ترددية تغير اتجاهها بشكل متوال بمعدل ٦٠ مرة فى الثانية ـ ولكن هذا موضوع سوف أتناوله فى مقال آخر مستقبلا .

وتكمن الفكرة فى مثل هذه الأجهزة فى الابقاء على دوران القرص النحاسي (أو ما يعادله فى المولدات الأخرى) بما يتضمنه ذلك من ضرورة توفير قدر كبير من الطاقة لدفعه على قطع خطوط القوة المغناطيسية ٠

ولعلنا نتخيل مثل هذه الأقراص وقد تم تركيب كل منها على عمود كرنك ، ويقوم بتدويرها طوابير متعاقبة من العبيد الذين يقطرون عرقا تحت « تشجيع » السياط الطويلة ، ولكن ـ لا نريد ذلك ، شكرا ٠ فمن حسن الطالع أنه عندما ابتكرت المولدات الكهربية كانت هناك المحركات العاملة بالبخار ، والتى يمكن استغلالها فى ادارة الكرنكات ٠ وبهذه الطريقة أمكن استخدام الطاقة الناجمة عن احتراق الوقود فى ادارة المولدات للحصول على الكهرباء ٠

وعلى الصعيد الاقتصادى ، فان احتراق الوقود يقل كثيرا فى تكلفته عن استهلاك الزنك أو أى معادن أخرى ، وبالتالى يمكن بهذه الطريقة توليد الكهرباء بكميات تفوق كثيرا ما يمكن الحصول عليه باستخدام البطاريات ٠ وهذا يفسر أيضا تفضيل استخدام المولدات الكهربية فى اعادة شحن البطاريات المختزنة بدلا من استخدام بطاريات أخرى ، فنكون كمن يحاول رفع نفسه بأن يضع ذراعيه تحت ابطيه ، كما أنه يفسر اللجوء الى اعادة شحن بطاريات السيارات أثناء السير وذلك باستخدام طاقة احتراق البنزين أو السولار فى تدوير مولد صغير (الدينامو) ٠

غير أنه لا يمكن فى أفضل الأحوال تحويل نسبة تتجاوز ٤٠٪ من طاقة الوقود المحترق الى كهرباء ، أما الباقى فهو يفقد على هيئة حرارة (ويرجع السبب الى ذلك القانون

المزعج القديم ، وأعنى القانون الثانى فى الديناميكا الحرارية) • ولو أمكن تصميم بطارية كهربية تتهيأ فيها الفرصة لتفاعل الوقود مع الأكسجين ، فسوف يتاح شيئا فشيئا تحويل كل طاقة الأكسدة تقريبا الى كهرباء ــ ولكن لم ينجح أحد حتى اليوم فى ابتكار « بطارية وقود » عملية من هذا القبيل • واذا كانت هناك محاولة ناجحة فى هذا المجال ، فمن المستبعد امكان تصنيعها بالحجم والكمية اللذين يتيحان لها منافسة المولدات الكهربية •

يضاف الى ذلك أن عملية تدوير توربينات المولدات ليست مقصورة على المحركات البخارية التى تحرق الوقود لتوليد الطاقة ، بل يمكن استخدام الشلالات أو الرياح فى ذلك (نفس فكرة طواحين المياه وطواحين الهواء التى كانت مستخدمة فى عالم ما قبل الصناعة) • فعلى سبيل المثال تعتبر شلالات نياجرا مصدرا يصلح لتوليد قدر هائل من الكهرباء لا ينطوى على حرق وقود ولا فقدان كمية كبيرة من الحرارة ولا أية نسبة من التلوث •

والواقع انه يمكن من حيث المبدأ استخدام أى مصدر للطاقة ــ سواء المد والجزر أو الأمواج أو الينابيع الحارة أو الاختلاف فى درجات الحرارة أو القدرة النووية ••الخ ــ فى تدوير التوربينات لتوليد الكهرباء • لكن المسألة تتعلق بايجاد الطرق العلمية لتطبيق ذلك على نطاق واسع •

وقد يبعث رخص أسعار المولدات الكهربية المتوفرة بأعداد هائلة على الاعتقاد باحتمال الاستغناء عن البطاريات • فمنذا الذى يريد ذلك القدر الضئيل من الكهرباء التى توفرها البطاريات بثمن مرتفع ، بينما يستطيع الحصول

على كل ما يريد بسعر يقل كثيرا وذلك بمجرد توصيل السلك بماخذ التيار فى الحائط ·

وتكمن الاجابة على ذلك السؤال فى الجملة القصيرة الأخيرة وهى « توصيل السلك بمأخذ التيار فى الحائط » · فانك لا تود أن تكون دائما مرتبطا بالحائط ، لا سيما اذا تعلق الأمر بأشياء محمولة مثل المذياع وساعة اليد وكاميرا الفيديو وبطارية الاضاءة أو حتى مجرد لعبة ، وكلها أشياء تحتاج للبطاريات · ولو أن كل ما تحتاجه هو قدر ضئيل من تيار ضعيف لأغراض محدودة ولشيء محمول يتيح لك عدم الارتباط بمأخذ التيار ، فسوف تجد ضالتك فى البطارية ·

وتؤدى الكهرباء بعضا من وظائفها باستخدام أجزاء غير متحركة · فالحرارة الناجمة على سبيل المثال عن سريان التيار الكهربى فى شتى أنواع المقاومات هى التى تؤدى الى انارة المصابيح والى تشغيل السخانات والأفران الكهربية وما الى ذلك ·

ولكن فى معظم الأحيان ترتبط الحاجة للكهرباء بالرغبة فى توليد الحركة ، ولو أن هناك وسيلة لاستغلال التيار الكهربى فى تدوير عمود أو عجلة ، فان ذلك سيتيح التوصل الى أنواع أخرى من الحركة ·

ولابد أن يكون ذلك ممكنا · ففى هذا الكون ، يمكن للأشياء أن تجرى فى الاتجاه المعاكس · واذا كان من شأن جسم دوار ، كالتوربينات على سبيل المثال ، أن يولد تيارا كهربيا ، فلابد أن يكون من شأن التيار الكهربى أن يتيح دوران ذلك الجسم ·

والطريف انه ما أن انتهى فاراداى من اختراع المولد الكهربى حتى بادر جوزيف هنرى الى السير فى الاتجاه المعاكس فاخترع المحرك الكهربى · وبدأ عصر الكهرباء على يدى هذين العالمين ·

وعلى مدى المستقبل القريب ، ستظل البطاريات والمولدات الكهربية مستخدمة بل وحتمية • أما مصادر الطاقة فسوف تشهد ، خلال العقود القادمة ، اتجاها متناميا للاعتماد فى توليد الكهرباء على طرق مختلفة تماما ، لا تستخدم التفاعلات الكيميائية أو خطوط القوة المغناطيسية •

وهذا ما سوف أتناوله فى الفصل القادم •

الفصل الخامس

أشرقي أيتها الشمس المبشرة

ظهرت في السنوات الأخيرة كتب عديدة تتضمن قوائم من شتى الأنواع تبين اتجاهات الناس وأسبقياتهم في تفضيل الأشياء • ولو أن عددا معقولا من الناس كتب عددا ملائما من مثل هذه القوائم تشمل عددا مناسبا من الفئات والتصنيفات ، فلن يفلت شيء بالتأكيد من أن يندرج في واحدة من هذه القوائم • حتي أنا !

ولن يدهشني بالطبع أن يدرج شخص ما اسمي في قائمة العشرة المفضلين لديه من كتاب الخيال العلمي • ولكن لم يخطر ببالي أن يختارني أحد ضمن الرجال العشرة الأكثر جاذبية وفحولة في أمريكا • وبالطبع ، أنا على يقين من أني واحد من هؤلاء العشرة ، ولكن لم أكن أدرك أن أحدا غيري يعرف هذه الحقيقة •

غير أن ما بعثه ذلك في نفسي من زهو لم يخل من شائبة، فلقد كان وجودي في هذه القائمة مشروطا بأن أتخلص من « سبلتي السخيفة » • (السبلة هي الشاربان الخديان القصيران) •

أي حظ هذا !

فأولا أنا أحبهما ، وثانيا فان لهما أهمية لا مثيل لها بوصفهما وسيلة للتعرف ، وذلك أمر مهم في أعين الناس • وقد تأكدت لدي هذه الفكرة مرة أخرى منذ بضعة أيام •

فبينما كنت أتناول الغداء فى واحد من أرقى مطاعم نيويورك ، اقتربت منى على استحياء سيدة شابة بالغة الجاذبية وطلبت توقيعى على أوتوجراف • فتفضلت بأسلوبى الرقيق كالمعتاد وسألتها وأنا أضع توقيعى : « كيف عرفت أنى أنا » ؟

فأجابت قائلة : « لأنك تبدو أنت » •

وكانت تعنى بالطبع شاربى المميز ، وقليل من الناس غيرى من لديهم هذه الثقة القوية بالنفس بحيث يظهرون فى المجتمع بهذا الشكل المنمق •

ورغم ذلك فمن الوارد أن يسفر التعرف على شخص أو على شىء من خلال المظهر والهيئة عن الوقوع فى خطأ ، وقد حدث ذلك كثيرا • والآن وبعد أن تناولنا فى ثلاثة فصول السبل المختلفة لتوليد الكهرباء ، نستهل هذا الفصل الرابع ـ فى نفس الموضوع ـ باثنتين من حالات سوء التقدير نتيجة الحكم بالمظهر •

●●●

فى الأربعينات من القرن الثامن عشر اكتشفت مناجم الذهب ، فيما كان يسمى فى ذلك الحين بالمجر الشرقية وصار اليوم الشمال الغربى لرومانيا • وقد أسفرت عمليات البحث الشرهة كالمعتاد ، عن اكتشاف مزيد من هذه المناجم فى أماكن أخرى برومانيا ، ولكن أحيانا كانت كمية الذهب المستخرجة من مثل هذه المناجم ضئيلة بدرجة محبطة • وقد اقتضى ذلك أن ينكب المتخصصون فى علم المناجم على دراسة هذه الظاهرة بحثا عن أى خطأ محتمل •

وفى عام ١٧٨٢ قام واحد منهم يدعى أنطون فون روبريشت بتحليل عينة من منجم للذهب ، واستنتج أن سبب عدم الحصول على الذهب يرجع الى احدى الشوائب غير الذهبية • وبتحليل هذه الشوائب لاحظ أنها تشبه الأنتيموتيا

فى بعض خصائصها ، وهى عنصر يعرفه الكيميائيون جيدا فى الوقت الحالى • وأخذ روبريشت بالمظهر واستقر رأيه الى أن العنصر المعنى هو أنتيمونيا •

وفى عام ١٧٨٤ تناول متخصص مجرى آخر فى علم المناجم يدعى فرانز جوزيف مولر (١٧٤٠ ـ ١٨٢٥) نفس العينة التى فحصها روبريشت ، ودرسها وخلص الى آن تلك الشوائب المعدنية ليست انتيمونيا ، لآنه ليس لها بعض خصائص ذلك المعدن • وبدأ يتساءل هل الأمر يتعلق بعنصر جديد تماما ؟ ولكنه لم يجرؤ على أن يزج بنفسه فى شىء من هذا القبيل • وفى عام ١٧٩٦ أرسل عينات من هذا الخام الى الكيميائى الألمانى مارتن هنريتش كلابروث (١٧٤٣ ـ ١٨١٧) وكان رائدا فى مجاله ، وأفضى اليه بما يدور فى ذهنه من اكتشاف عنصر جديد وطلب اليه التحقق من الأمر •

وأجرى كلابروث كل الاختبارات اللازمة على العينات الى أن أقر فى عام ١٧٩٨ أن المعدن المعنى هو بالفعل عنصر جديد • وعلى نحو ما يليق به ، نسب كلابروث الاكتشاف لمولر (وليس لنفسه أو لروبريشت) ، وأطلق على العنصر الجديد اسم « تيلوريوم » وهو لفظ مستوحى من كلمة يونانية تعنى « الأرض » •

ويعد التيلوريوم عنصرا نادرا للغاية ، حيث تقدر نسبة وجوده فى القشرة الأرضية بنصف مقدار الذهب • غير أنه غالبا ما يكون ممتزجا مع الذهب فى المناجم •

ويعتبر التيلوريوم واحدا من عناصر عائلة الكبريت (على نحو ما عرف فيما بعد) ، ولذلك لم يندهش الكيميائى السويدى جونز جاكوب برزيليوس (١٧٧٩ ـ ١٨٤٨) عندما اكتشف فى عام ١٨١٧ وجود التيلوريوم فى حامض الكبريتيك المنتج فى أحد المصانع ، أو على الأقل عثر على شوائب تشبه التيلوريوم فسلم للوهلة الأولى بأنها كذلك •

ولكن برزيليوس لم يكن رجلا هينا ليستمر طويلا على هذه السذاجة • فعندما فحص هذا التيلوريوم المزعوم لاحظ انه يختلف عن التيلوريوم الحقيقى فى بعض خصائصه • وبحلول فبراير ١٨١٨ كان قد تحقق من ان بين يديه عنصرا آخر جديدا شديد الشبه بالتيلوريوم • وبما ان أسم التيلوريوم قد استوحى من الارض فقد أستوحى اسم العنصر الجديد من القمر ، ولما كان اسم سيلين هو اسم الهة القمر عند اليونان ، فقد أطلق على ذلك العنصر اسم « سيلينيوم » •

ويقع السيلينيوم فى الجدول الدورى بين عنصرى الكبريت والتيلوريوم • وليس السيلينيوم من العناصر الشائعة ، ولكنه أكثر شيوعا من التيلوريوم والذهب ، وهو فى الواقع قريب فى درجة شيوعه من الفضة •

ولم يحظ السيلينيوم والتيلوريوم بأهمية خاصة لقرابة قرن بعد اكتشافهما ، الى أن شهد عام ١٨٧٣ ظاهرة غريبة غير متوقعة بالمرة • فقد لاحظ ويلوباى سميث (لا أعرف أى شىء عنه بخلاف الاسم) أن السيلينيوم يوصل التيار الكهربى بشكل أيسر كثيرا فى وجود الضوء عنه فى الظلام • وكانت هذه هى المرة الأولى التى يكتشف فيها شىء عن الخاصية التى عرفت فيما بعد باسم « التأثير الضوئى الكهربى » ، أى تأثير الضوء على الخواص الكهربية •

وقد أتاحت هذه الخاصية الفرصة لابتكار ما يسمى بالعين الكهربية • وتتمثل فكرة العين الكهربية ببساطة فى وعاء زجاجى مفرغ ويحتوى على سطح مغطى بطبقة من السيلينيوم متصلة بدائرة كهربية • ويتعرض هذا الوعاء لشعاع من الضوء فيصبح السيلينيوم موصلا للكهرباء • ويستغل التيار الكهربى المار بالسيلينيوم فى تشغيل آلية معينة ، ولتكن على سبيل المثال ، آلية لاغلاق باب هو فى الأصل مجهز ليبقى مفتوحا ، أى مادام التيار موصولا سيبقى الباب مغلقا ولو قطع فسوف يفتح الباب تلقائيا •

ولو وضع مصدر الشعاع الضوئى فى مكان بحيث يتقاطع الشعاع ، قبل سقوطه على الوعاء الزجاجى ، مع اتجاه اقتراب الناس من الباب ، فان أى شخص سيمر سيقطع هذا الشعاع الضوئى وبالتالى سيتوقف السيلينيوم لحظيا عن توصيل الكهرباء ، وكذلك آلية اغلاق الباب ، وتكون النتيجة أن يمتح الباب وكاننا فى احدى روايات « ألف ليلة وليلة » ، بل أفضل ، لأنك لن تضطر لأن تنادى « افتح يا سمسم » .

ولكن كيف يكون للضوء تأثير على خاصية التوصيل الكهربى ؟

ولم لا ؟ أليس الضوء والكهرباء نوعين من الطاقة ، وأنه نظريا ، من شأن أى نوع من الطاقة أن يتحول الى أى نوع آخر (حتى لو لم يكن التحول كاملا) ؟

أى أن من شأن الكهرباء أن تنتج ضوءا ، وما وميض البرق فى العواصف الرعدية الا نتيجة تفريغ كهربى ، ولو اقترب سلكان كهربيان من بعضهما دون أن يتلامسا فسوف تتولد فى الفجوة بينهما شرارة ساطعة . وفى عام ١٨٧٩ اخترع توماس ألفا أديسون فى الولايات المتحدة وجوزيف ولسون سوان (١٨٢٨ ـ ١٩١٤) فى بريطانيا العظمى المصباح الكهربى الذى يولد الضوء من التيار الكهربى بكميات ضخمة ومازال مستخدما حتى يومنا هذا .

ومع ذلك ، فقد كان من اليسير ، حتى فى عهد ويلوبای سميث ، أن يدرك المرء كيفية تحول التيار الكهربى الى ضوء ولكنه لم يكن سهلا فهم كيفية تحول الضوء الى تيار كهربى .

وقد لاحت بوادر الاجابة على هذا السؤال فى عام ١٨٨٧، عندما كان الفيزيائى الألمانى هنريتش رودولف هيرتز (١٨٥٧ ـ ١٨٩٤) يجرى احدى تجاربه لتوليد شرر عبر فجوة هواء باستخدام تيارات كهربية ترددية (وقد اكتشف

بهذه الطريقة موجات الراديو) • لاحظ هيرتز أن الشرر يتولد بشكل أيسر اذا سقط ضوء على طرف المعدن الذي ينبعث منه الشرر • ويذكرنا ذلك بالسيلينيوم الذى يؤدى سقوط الضوء عليه الى تيسير مرور التيار فيه ، ولكن يبدو ان الامر يتعلق بظاهرة عامه وليس بخاصيه يتسم بها نوع واحد من المعادن •

وفى عام ١٨٨٨ أسفرت النتائج التى توصل اليها فيزيائى ألمانى اخر يدعى ويلهلم ل•ف• هلواتشز (١٨٥٩ ـ ١٩٢٢) عن تحديد بعض الخصائص التى أوضحت الأمور قليلا • فقد أثبت أن سقوط أشعة فوق بنفسجية على شريحة معدنية تحمل شحنة سالبة يجعلها تفقد هذه الشحنة ، بينما لو كانت الشحنة موجبة فلا تتأثر الشريحة بهذه الأشعة •

لماذا يتباين رد فعل نوعي الشحنة الكهربية على هذا النحو ؟

لم يكن بوسع أحد فى عام ١٨٨٨ أن يجيب على هذا السؤال •

وكان الفيزيائيون فى هذا الوقت يدرسون تأثير دفع التيار الكهربى ليس خلال فجوة هواء فحسب ولكن خلال الفراغ • وأسفر هذا النوع من التجارب عن دلالات متزايدة على انبعاث شىء ما من الكاثود (أى الجزء السالب من الدائرة) وقد أطلق على ذلك الشىء « الأشعة الكاثودية » • وكان هناك جدل حول نوعية هذه الأشعة ففريق يقول انها تشبه الضوء ، وفريق يقول انها سيل من جسيمات متناهية الضآلة •

ولم يحسم هذا الجدل حتى عام ١٨٩٧ ، عندما توصل الفيزيائى الانجليزى جوزيف جون تومسون (١٨٥٦ ـ ١٩٤٠) الى نتائج تثبت بوضوح أن الأشعة الكاثودية هى سيل من الجسيمات متناهية الصغر ، ويحمل كل منها شحنة كهربية سالبة • انها جسيمات بالفعل متناهية الضآلة •

وأوضح تومسون أنها أقل كثيرا من الذرة فى كتلتها ـ فلا يزيد وزن الواحد منها على $\frac{1}{1837}$ من وزن الذرة فى أخف أنواع الهيدروجين سيوعا ، وهى أخف ذره موجودة فى الطبيعة ٠

وقد اطلق على جسيمات الأشعة الكاتوديه اسم « الكترونات » ، وهو اسم كان قد اقترحه قبل ست سنوات من ذلك الوقت الفيزيائى الايرلندى جورج جونستون ستونى (١٨٢٦ ــ ١٩١١) ليطلق على أدنى حد للشحنة الكهربية فى الطبيعة ، ان كان هناك ما يمكن أن يعد حدا أدنى ٠ وقد اتضح مع مرور الوقت أن الشحنة التى يحملها الالكترون تشكل بالفعل حدا أدنى فى ظل الظروف المعملية العادية ٠ (ويعتقد أن الكواركات تحمل شحنة أقل من ذلك ، حيث يقدر أن بعضها يحمل شحنة تعادل ثلثى شحنة الالكترون والبعض الآخر الثلث ، ولكن لم يتم التوصل حتى الآن الى رصد كواركات معزولة) ٠

واذ اقتصر مفهوم الفيزيائيين للالكترونات فى ذلك الوقت على مجرد علاقتها بالأشعة الكاثودية ، فقد انحصر تعريفها على أنها مجرد كميات ضئيلة من أصل التيار الكهربى ، أو بمعنى آخر « ذرات كهرباء » ٠ ومع ذلك ، فهذا هو المجال الذى بدأت تتجلى فيه أهمية الخاصية الكهروضوئية كمنطلق للثورة الكبرى التى شهدها منعطف القرن فى مجال الفيزياء ٠

وقد أجرى الفيزيائى الألمانى فيليب أ٠أ٠ لينارد (١٨٦٢ ــ ١٩٤٧) ، اعتبارا من عام ١٩٠٢ دراسات مكثفة على التأثير الكهروضوئى ٠ وأثبت أن سقوط أشعة الضوء فوق البنفسجية على أنواع مختلفة من المعادن يؤدى الى انطلاق الكترونات من أسطحها ، وانفصال الالكترونات بهذا الشكل هو الذى يسبب التفريغ الكهربى لمعدن يحمل أصلا

شحنة سالبة • ولكن حتى لو لم يكن المعدن مشحونا مسبقا ، فسوف تنطلق ايضا الالكترونات مخلفة وراءها شحنه موجبه في المعدن •

ويدلل انفصال الالكترونات من المعـادن غير المشحونة على أنها ليست مجرد شحنات ضئيلة من الكهرباء ، وانما هي من مكونات الذرة • ويمثل ذلك الاستنتاج على الأقل أبسط تفسير لاكتشاف لينارد • وقد أكدت التجارب المتصلة التي جرت خلال السنوات القليلة التالية تلك الفكرة •

ولمـا كان التـأثير الـكهروضـوئي يؤدى الى انطـلاق الالكترونات من قطاع عريض من العناصر المختلفة ، وبما أن الالكترونات كلها لها نفس الخصائص أيا كان العنصر المصدر ، نستنتج أن الالكترونات تعد من المكونات المشتركة الموجودة في كل الذرات • وبالتالى يرتهن الفارق بين ذرات العناصر المختلفة بعدد ما يحتويه كل عنصر من الكترونات أو بترتيبها أو بكليهما معا وليس بطبيعة الالكترون نفسها •

وكانت هذه الطريقة في التفكير هي طرف الخيط الذى قاد الفيزيائيين الى بداية طريق اكتشاف التركيب الذرى ، وبحلول عام ١٩٣٠ اكتست الذرة صـورتها المعـروفة حتى الآن • فهى مركبة من نواة مركزية بالغة الضآلة تتـكون من نوعين مختلفين من الجسيمات الثقيلة نسبيا هما البروتونات والنترونات • ويدور حول النـواة عـدد من الالكترونات الخفيفة • ويحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبـة تعادل الشـحنة الكهربية السـالبة التى يحملهـا الالكترون • أما النترونات فهى متعادلة ، أى لا تحمل شحنات كهربية •

ولما كانت الالكترونات هى الجسيمات التى تحمل شحنة كهربية سالبة والموجودة على الغلاف الخارجى للذرة وتتسـم بكتلة خفيفة للغاية تجعلها سهلة الحركة ، بينما البروتونات هى الجسيمات التى تحمل شحنة موجبة وموجـودة في مركز

الذرة ، علاوة على انها تتسم بكتلة كبيرة نسبيا تجعلها تميل الى السكون قياسا بسواها ، فان حركة الجسيمات السالبة هي التي تنتج التيار الكهربي • ومن ثم يصدر الاشعاع من القطب السالب ، او الكاثود ، ولا يصدر من القطب الموجب ، أو الانود • ويفسر ذلك مسالة انطلاق الالكترونات من المعادن نتيجة التعرض لأشعة الضوء فوق البنفسجية ، مما يؤدى الى فقدان قدر من الشحنة السالبة ، مخلفة وراءها قدرا مماثلا من الشحنة الموجبة •

والصورة الموجودة فى أذهاننا عن النترونات والبروتونات والالكترونات هى أنها جسيمات كروية ضئيلة • والواقع أنه ينبغى أن توصف هذه الجسيمات فى اطار نظرية الكم التى تتيح وصفا رياضيا جيدا ولكن لا علاقة له بالصورة المرئية أو المتخيلة • وليس هناك من المشاهد الشائعة فى الحياة ما يمكن أن نستعين به لوصف شكل هذه الجسيمات دون الذرية •

ولقد كان اعداد نظرية الكم مرتبطا كذلك بالتأثير الكهروضوئى •

فقد لاحظ لينارد أن الأشعة التى من شأنها أن تحرر الالكترونات ، لو اتسمت بتماثل أطوال موجاتها ، فسوف تؤدى الى انطلاق الالكترونات بسرعة واحدة • ولو تم تكثيف الضوء فسوف يزداد عدد الالكترونات المنطلقة ، ولكن ستظل السرعة كما هى • أما لو استخدمت أشعة ضوئية بطول موجات أقصر فسوف تزداد سرعة انطلاق الالكترونات • وكلما قصر طول موجات الضوء ازدادت سرعة الانطلاق • ولو سلط ضوء خافت ذو طول موجة قصيرة فسوف يسفر عن انطلاق عدد محدود من الالكترونات ولكن بسرعة عالية • أما لو كان الضوء قويا ولكن ذا طول موجة أكثر طولا ، فانه سيؤدى الى انطلاق عدد أكبر من الالكترونات ولكن بسرعة أقل •

وتمة حد لطول موجات الضوء تؤول بعده سرعة الانطلاق الى الصفر ، اى لا تنطلق اى الكترونات مهما بلغ هذا الضوء من شدة • ويختلف هذا الحد الفاصل لطول الموجات من عنصر الى عنصر •

(ولقد نال لينارد جائزة نوبل فى الفيزياء لعام ١٩٠٥ نتيجة ما قام به من ابحاث فى مجال التأثير الكهروضوئى • غير أن صدمة الهزيمة الألمانيــة فى الحــرب العالميــة الاولى أصابته بالمرارة ، فتحول بصفته أحد كبار العلماء الى نازى بارز منذ اللحظة الأولى لهذه الحركة ، واستمر كذلك طول عمره • وحتى على هذا النحو ، فربما يكون قد خدم البشرية بغير قصد ، حيث استنكر الفيزياء والنظرية الحديثة بوصفها « يهودية » وبالتالى خاطئة • ولما كان هو أذن هتلر ، فربما يكون قد أقنعه بألا يركن كثيرا الى الأبحاث النووية ، ويكون بذلك قد جــرم النازية الالمانيــة من الحصــول على القنبلة النووية فى الوقت الملائم بما يحقق لها النصر فى الحرب) •

ولم تكن الفيزياء التقليدية تصلح لتفسير العــلاقة بين طول موجات الضوء والتأثير الكهروضوئى • وكان لابد من البحث عن شىء آخر ، وكان هناك بالفعل شىء آخر •

فى عام ١٩٠٠ كان الفيزيائى الألمانى ماكس ك• أ• ل• بلانك (١٨٥٨ ــ ١٩٤٧) قد وضع نظرية الكم ، ليتمكن من تفسير توزيع أطوال الموجات فى الاشــعاعات المنبعثة من جسم ساخن • وكان بلانك قد فشل فى ايجاد معادلة ملائمة تستند على فكرة اعتبار الطاقة كما متواصلا ، فافترض وجود الطاقة على هيئة مجزأة ، أى تكون فى صورة وحدات أطلق عليها « الكم » أو « Quantum » (وهى كلمــة يونانيــة تعنى « كم ») وهى تمثل أصغر مقدار من الطاقة يمكن أن يوجد مستقلا • وعلى ذلك ، لا يمكن أن ينبعث من جسم ساخن أى مقدار من الطاقة يقل عن ذلك الكم • غير أن مقــدار الكم

يتغير باختلاف اطوال الموجات ، فكلما قصر طول الموجات زاد مقدار الكم ٠

وقد نجحت تماما المعادلات المبنية على نظرية الكم في اثبات توزيع اطوال الموجات في الاشعاعات المنبعثة من الاجسام الساخنة ٠ غير ان الفيزيائيين (بما فيهم بلانك نفسه) ظلوا لسنوات يعتقدون ان هذه النظرية هي حيلة رياضية لا تصلح الا لحل هذه المسألة ، ولم يدر بخلدهم ان الأمر حقيقي وان الطاقة موجودة بالفعل في الطبيعة على هيئة وحدات أو كمات ٠

وقد أثبت آلبرت أينشتين (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) فى عام ١٩٠٥ أن نظرية الكم تنطوى على تفسير لكل الألغاز وعلامات الاستفهام المتعلقة بالتاثير الكهروضوئى ٠ فمن شأن كل كم من الطاقة أن يقرع الكترونا واحدا ٠ واذا كان الضوء ذا موجات أطول من اللازم فان مقدار الكم من طاقته سيكون أضعف من أن يتغلب على قوة جذب الذرة لالكتروناتها ، وبالتالى لن يكون هناك انطلاق للالكترونات ٠ وكلما قصر طول الموجات الضوئية ازداد مقدار الكم الى أن يصل الى القيمة التى تمكنه من فصل الكترون عن ذرته فتتهيأ الفرصة لانطلاقه ٠ وهذا هو الحد الفاصل لطول الموجة ٠ أما اذا استمر تناقص طول الموجات ، فسوف تزداد طاقة الانطلاق ، وبالتالى ستتحرك الالكترونات بسرعة أكبر ٠ ولما كانت ذرات العناصر المختلفة تتباين فى شدة جذب الكتروناتها ، فبدهى أن يتفاوت الحد الفاصل لطول الموجات من عنصر لآخر ٠

وتعد هذه هى المدة الأولى التى ينجح فيها أحد فى استخدام نظرية الكم لايجاد تفسير كامل لظاهرة لم تكن معدة أصلا لها ٠ وقد اكتست النظرية بذلك التفسير مصداقية كبيرة ، بحيث يستحق أينشتين أن يتقاسم مع بلانك الفضل في ارسائها ٠ وعندما حصل أينشتين على جائزة نوبل فى الفيزياء

عام ١٩٢١ انما نالها عن ابحاته في مجال التأثير الكهروضوئي وليس عن توصله لنظرية النسبية •

وبمجرد ان اتضح ان الضوء يقرع الالكترونات ويفصلها عن ذراتها زال الغموض الذى كان يكتنف السيلينيوم • فما أن يسقط الضوء على هذا المعدن حتى تنفصل بعض الكتروناته مما ييسر انطلاقها فتتهيأ الفرصة لسريان قدر أكبر من التيار الكهربى •

وفي الأربعينات من القرن الحالى كانت مجموعة من العلماء فى معامل « بل » ، وفي مقدمتهم الفيزيائى الأمريكي الانجليزى الأصل وليم برادفورد شوكلى (١٩١٠ ـ) ، يجرون أبحاثهم على مواد يسرى فيها التيار الكهربى بصعوبة ، فلا هى موصلة كالمعادن ولا غير موصلة تماما مثل الكبريت والمطاط والزجاج ، ومن ثم أطلق على هذه المواد « أشباه الموصلات »

ومن شأن بعض أشباه الموصلات أن تكتسب قدرا أكبر من القدرة على التوصيل ، اذا تمت معالجة مادتها باضافة كميات ضئيلة من عناصر معينة الى تركيبها • وتتسم هذه العناصر بأن ذراتها تحتوى على الكترون زائد ليس له مكان فى الشبكية البلورية لشبه الموصل ، أو ينقصها الكترون •

ولو تصادف أن احتوى شبه موصل على الكترون فائض ليس له مكان فى الشبكية البلورية ، فهو يميل الى الانطلاق وذلك من شأنه أن ييسر سريان التيار الكهربى • ولما كانت الالكترونات الفائضة تضيف شحنة سالبة لشبه الموصل ، فقد اصطلح على تسميته « بالنوع س » •

أما لو تصادف أن نقص الكترون من شبه الموصل فسوف يكون هناك ثقب فى الشبكية البلورية • ويعد هذا الثقب بمثابة جسيم ذى شحنة موجبة ، مما يؤدى أيضا الى تنشيط قدرة شبه الموصل فيسمي فى هذه الحالة « بالنوع م » •

وقد اكتشف شوكلى والاخرون ان دمج النوعين س و م من أشباه الموصلات بطرق مختلفة يتيح تصميم اجهزة تؤدى مهام الصمامات المفرغة فى الراديو • ولا تحتاج هذه الاجهزه الجديدة الى فراغ مثل صمامات الراديو ، وبالتالى أطلق عليها « أجهزة صماء » • وتتميز الأجهزة الصماء عن الصمامات المفرغة بأنها لا تحتاج الى حيز كبير لتعمل بشكل سليم ، بل يمكن أن تكون صغيرة جدا • كما أنها لا تحتاج لغلاف زجاجى يكسبها متانة ويمنع التسرب ، علاوة على أنها تعمل فى ظل درجات حرارة منخفضة ومن ثم لا تحتاج الا قدرا ضئيلا من الطاقة ولا يستوجب ذلك فترة تسخين •

وفى عام ١٩٤٨ توصل العلماء الى ابتكار «الترانزستور» وبدأ عصر جديد للأجهزة الالكترونية •

ولو تم تجميع شبه موصل من النوع س مع آخر من النوع م فسوف نحصل على ما يسمى « بالوصلة س/م » بينهما • وسوف يكون هناك دائما شحنة سالبة صغيرة فى ذلك الجانب من الوصلة الذى يحتوى على فائض من الالكترونات وشحنة موجبة صغيرة فى الجانب الآخر، ولو تم توصيل الجانب س والجانب م فى مثل هذا الجهاز بسلك كهربى ، فسوف تتحرك الالكترونات من الجانب س الى الجانب م عبر السلك ، مما يؤدى الى سريان تيار ضعيف للغاية لبرهة ، الى أن تملأ الالكترونات الواردة من الجانب س الثقوب الموجودة فى الجانب م فيتوقف التيار •

غير أن التيار فى مثل هذه الدائرة يكون ضعيفا للغاية ولا يبقى الا لفترة قصيرة فلا يمكن استخدامه • ولكن فى عام ١٩٥٤ اكتشف العلماء بالمصادفة ، فى هيئة « بل » للتليفونات ، أن وصلة السيليكون س / م يمكن أن تولد تيارا معقولا ومستمرا لو تم تسليط ضوء عليها • انها مرة أخرى نفس فكرة اكتشاف السيلينيوم قبل ثمانين سنة من ذلك التاريخ •

ويعزى ذلك الى أن الضوء يقرع الكترونا فى ذرة السيليكون فينطلق، مخلفا وراءه ثقبا • ولو كان الجهاز متصلا بدائرة كهربية فسوف يتحرك الالكترون فى السلك فى اتجاه سريان الالكترونات ، بينما يتحرك الثقب فى الاتجاه المعاكس الى أن يقابله الكترون وارد فيحتله •

ولا يتوقف ذلك التيار مادام الضوء مسلطا على الجهاز • فسوف يعمل الضوء دائما على انفصال الكترونات جديدة مخلفة وراءها ثقوبا جديدة ، بحيث يكون هناك بشكل دائم ومتجدد الكترونات تندفع من الجهاز فى أحد طرفيه وثقوب تحتل فى الطرف الآخر •

ولما كان مثل ذلك الجهاز يولد كهرباء فهو بطارية كهربية مثل الأجهزة الكيميائية التى تناولناها بالشرح فى الفصلين السابقين • ولأن الكهرباء تتولد نتيجة تأثير الضوء ، فتسمى أحيانا «خلية كهروضوئية» ، واذا كان مصدر الضوء هو الشمس فتسمى « خلية شمسية » •

وتتميز الخلايا الشمسية بالقدرة على تحويل طاقة ضوء الشمس مباشرة الى تيار كهربى • ويعد مثل هذا التيار أنفع صورة للطاقة وأكثرها استخداما فى أغراض متعددة فى عالم اليوم • فالأمر يتعلق بكهرباء شبه مجانية مصدرها شمس مضيئة بلا نهاية أو على الأقل لبضعة بلايين السنين • ومع ذلك فهناك بعض العوائق :

١ ــ صحيح أن ضوء الشمس وفير ولكنه ليس كثيفا بقدر كاف ، وهذا يعنى أن توليد قدر ملائم من الكهرباء يقتضى نشر خلايا شمسية على مساحة كبيرة •

٢ ــ فعالية الخلايا الشمسية محدودة ، فلقد كانت أول خلايا كهروضوئية ــ وهى التى تستخدم السيلينيوم ــ تحول ما لا يتجاوز واحدا فى المائة من طاقة الضوء الى كهرباء • ثم ابتكرت الخلايا الشمسية باستخدام السيليكيون فى المعتاد

وأصبحت تحول حوالى ٤ فى المائة • اما الآن فقد تحسنت فعالية تلك الخلايا بما رفع هذه النسبة الى ٢٠ فى المائة • ويترتب على ذلك أن لوحات الخلايا تنشر على مساحات تتراوح بين خمسة وخمسة وعشرين مثل المساحة التى كانت ستشغلها لو كانت درجة الفعالية مائة فى المائة • وهذا يعنى أن الأمر يقتضى نشر الخلايا على آلاف الأميال المربعة لتوليد ما يلزم العالم من الكهرباء •

٣ ــ اذا كان ضوء الشمس بلا ثمن ، فالخلايا الشمسية ليست كذلك • صحيح أن السيليكون عنصر متوفر بغزارة ، فهو يحتل المركز الثانى فى درجة شيوعه فى القشرة الأرضية، ولكنه ليس موجودا كعنصر مستقل فهو دائما ممتزج مع عناصر أخرى • وعملية فصل السيليكون ليست هينة وبالتالى فهى مكلفة ، علاوة على أن السيليكون المستخدم فى الخلايا الشمسية لابد وأن يتسم بدرجة عالية من النقاء ثم تضاف اليه الكميات الملائمة من العناصر ذات الخصائص المنشطة لتوليد الكهرباء • ونتيجة لكل ذلك يرتفع ثمن الخلايا الضوئية بشكل مذهل • ولو تصورنا آلاف الأميال المربعة من مثل تلك الخلايا ، مع الأخذ فى الحسبان بتكاليف الصيانة والتركيب ، واستبدال الخلايا العاطلة ، واصلاح التلفيات الناجمة عن طبيعة البيئة والجو ، والحوادث العارضة بل وأعمال التخريب ، فسنجد أننا بصدد أغلى طاقة « مجانية » فى الوجود •

٤ ــ صحيح أن ضوء الشمس مجانى ولكنه ليس متاحا دائما • فهناك السحب والشوائب والغبار • وفى معظم الأماكن الأكثر ازدحاما فى العالم يتسم الجو بدرجة من عدم الاستقرار بحيث لا يمكن بأية حال الاعتماد على ضوءالشمس كمصدر للطاقة ، لا سيما فى فصل الشتاء ، عندما يتضاعف الطلب على الطاقة للانارة والتدفئة • ولو انتقلنا الى الأماكن التى تتسم بتوافر الضوء الشمسى واستقراره وبعدم شغل

الأرض في استخدامات اخرى ــ مثل المناطق الصحراوية ــ فمازالت المشكلة قائمة حيث يمثل الليل نصف الوقت، ويضاف الى ذلك أن نسبة من الضوء ، حتى في أكثر المناطق الصحراوية صفاء في جوها ، تتبدد وتصبح عديمة الفائدة فى هذا المجال ، وتتفاقم تلك الظاهرة كلما ابتعدت الشمس عن السمت • وتجدر الاشارة أيضا الى أن قدرا كبيرا من الطاقة الشمسية من خارج نطاق الضوء المرئى يمتص فى طبقات الجو المختلفة •

وفى النهاية ، قد يكون من الأفضل أن نكثف الجهود فى سبيل خفض سعر الخلايا الشمسية وتحسين كفاءتها (ثم نقل الجهاز برمته الى الفضاء • وقد ثبت بالفعل أن الخلايا الشمسية فى الفضاء مجدية • فقد استخدمت لتشغيل عدد من الأقمار الصناعية التى لا تحتاج قدرا كبيرا من الطاقة ، والتى يصعب توفير الطاقة لها من مصادر أخرى • ولكنى أتحدث الآن عن انتاج الكهرباء على نطاق واسع وبكميات فائقة •

ولعله بوسعنا أن نضع محطة توليد للطاقة باستخدام لوحات من الخلايا الشمسية بمساحة بضعة أميال مربعة ، على مدار ثابت جغرافيا مع الأرض بحيث تحلق دائما فوق رقعة معينة من خط الاستواء • فى مثل هذه الحالة لن يكون هناك غلاف جوى حول المحطة ليمتص أو يبدد بعض الضوء وستستخدم كل أشعة الشمس • ولن يكون هناك ليل بمعنى الكلمة ، فلن تتوارى المحطة فى ظل الأرض الا لفترات قصيرة هى فترات الاعتدال الربيعى والخريفى ، ولن يكون هناك أى مجال لتدخل صورة الحياة المختلفة أو تداخلها أو لاحتمالات التخريب • (غير أنه لا مفر من التعرض لاحتمالات الدمار الناجم عن الاصطدام بالنيازك أو الشهب الضئيلة) •

ونتيجة لهذه الظروف يقدر ما يمكن أن تولده الخلايا

الشمسية من الكهرباء فى الفضاء بما يصل الى ستين مثل ما يمكن أن تولده نفس تلك الخلايا على سطح الأرض ·

وبالطبع لن تعود الكهرباء المولدة فى الفضاء بالنفع على الانسان لو بقيت فى مكانها · ولذلك لابد من تحويلها الى موجات ميكروويف ، وبثها صوب الأرض بدرجة كثافة أعلى من كثافة الضوء الشمسى، ثم يتم استقبالها وتجميعها بلوحات محدودة من الخلايا التى تحولها مرة أخرى الى كهرباء ·

ولا مجال لأن يتصور أكثر الناس تفاؤلا ، أن مشروع انتاج الطاقة الشمسية فى الفضاء سيكون سهلا · فسوف يتطلب بالتأكيد وقتا طويلا وقدرا كبيرا من العمل والمال ، ناهيك عما ينطوى عليه مثل هذا المشروع من مخاطر جسيمة بالنسبة لمن سيعملون به ·

ومع ذلك ، فلا تتجاوز تكلفة مثل هذا المشروع نسبة ضئيلة مما تصرفه الدول بطيب خاطر على صناعة أسلحة لا تجرؤ على استخدامها · كما أن المخاطر المحتملة على الحياة البشرية لا تمثل سوى نسبة محدودة للغاية لما يمكن أن يتعرض له الانسان من جراء مشاعر البغض وعدم الثقة التى يبدو أن الأمم تسعد بتبادلها فيما بينها ·

أما الفوائد المنتظرة فهى لا تحصى ، ويكفى أن الانسان سيعتمد على طاقة شمسية نظيفة ورخيصة ، بدلا من تلك الناجمة عن عملية الأكسدة الكيميائية للمعادن ، وما تتسم به من بطء وتكلفة باهظة ، أو عن عملية احتراق الوقود المستخرج من الأرض وما يستتبعها من تلوث ·

فلتشرقى أيتها الشمس المبشرة ···

الجزء الثاني

الكيمياء الحيوية

الفصل السادس

السم في السالب

جلست أمس لأكتب المقال رقم ٣٢١ فى سلسلة مقالاتى لمجلة «الابداع والخيال العلمى» · وأسميت المقال « كم تبعد السماء » · ومضيت فى الكتابة باسترسال ، وأحسست بالغبطة للسهولة التى حالفتنى فى اعداد المقال حتى لكأنه قد كتب نفسه · فنادرا ما توقفت أو احتجت لاستجلاء شىء ، وكنت أسلى نفسى أثناء الكتابة بالصفير ·

وعندما وصلت الى الصفحة الأخيرة وشرعت فى كتابة فقرات الخلاصة ، تساءلت فى نفسى : لماذا أشعر فجأة أن ذلك مألوف لى ؟ هل سبق أن كتبت مقالة مشابهة ؟

واذا كان من أبرز صفاتى فى الواقع ، أنى شخص خجول ومتحفظ وعلى درجة فائقة من التواضع ، فان هناك ميزة واحدة أشعر بشىء قليل من الفخر لتمتعى بها ، وهى أنى أمتلك ذاكرة أسطورية · فضغطت على زر استرجاع المعلومات ، وظهرت على شاشة ذاكرتى مقالة بعنوان « شكل الأبعد » · فتسلحت بالأمل فى ألا تكون ذاكرتى قد خانتنى وأخذت أبحث عن مزيد من التفاصيل ، فتبينت أنها المقالة رقم ١٨٢ ونشرت لأول مرة فى ديسمبر ١٩٧٣ · ووجدت هذه المقالة تتحدث أساسا عما كتبت لتوى ·

ومزقت على الفور ما أضعت معظم اليوم فى كتابته ،
وفكرت وأنا ساخط ، ماذا عساى أكتب ؟

ولم يتبادر الى ذهنى لوهلة سوى موضوعات تناولتها سابقا · وكنت على وشك الانتهاء الى الحقيقة المفزعة وهى

أني قد تناولت بالفعل كل ما يمكن أن يكتب • غير أن زوجتي العزيزة جانيت دخلت الى مكتبي في هذه اللحظة والقلق باد على وجهها •

وتساءلت في نفسي : رباه ، هل عرفت هذه المرأة الطيبة طباعي وتقلباتي الى الحد الذي يجعلها تشعر بمأساتي ــ وجدانيا ــ وهي في الجانب الآخر من المسكن •

ودمدمت متوددا : « ماذا تريدين ؟ » •

فناولتني بعض الأقراص قائلة : « لقد نسيت تناول فيتاميناتك اليوم » •

وكان من عادتي أن أرحب بمثل هذه المشاعر وأقابلها بزمجرة حانية وببعض التعليقات اللطيفة المقتضبة • ولكن في هذه المرة انفرجت أساريري وقلت « أشكرك كثيرا يا عزيزتي » وابتلعت الأقراص السخيفة وأنا تعلو وجهي ابتسامة عريضة •

أتدرون لماذا ؟ لقد اكتشفت انني لم أكتب أية مقالة عن الفيتامينات !!

★★★

ولعلي أسلم بأن الانسان كثيرا ما يعاني من نقص في الفيتامينات ، غير أن ذلك يحدث عادة في حالة التعرض لنقص في الغذاء أو لنظام غذائي رتيب صارم أو لكليهما معا ، كأن يكون الشخص في سجن أو في مدينة محاصرة أو يعيش في فقر مدقع •

وكان يعتقد بصفة عامة أن الناس في هذه الحالة يموتون نتيجة الجوع ، أو بسبب واحد من الأمراض العديدة التي كانت تهدد الجنس البشري • وكانت أسباب الوفيات هذه منتشرة في قديم الزمان ، لا سيما لو كان المتوفى أو المحتضر

ينتمى لفئة المتشردين أو الخدم أو الفــلاحين البســطاء او الشرائح الأخرى من الطبقات الدنيا فى المجتمع ٠

ولكن بمرور الوقت برز نوع جــديد من الخطر يهدد المسافرين بحرا ٠

كان الغذاء على متن السفن في العصور القديمة يتســم بصفة عامة بالتقيد وبضعف القيمة الغذائية وسوء المستوى٠ فبما أن التبريد لم يكن معروفا ، لم يكن ثمة مجال لان يخزن فى السفن اى شىء قابل للتلف أو سريع التعفن ، وبالتــالى كان غذاء البحارة فيالبحر مقصورا على أصناف مثل بسكويت البحر ولحم الخنزير المملح ، وهى أصناف تتميز بقدرتهــا على البقاء سليمة لفترة طويلة ، حتى فى درجات الحــرارة العادية ، دون التعرض للاصابة بأنواع البــكتريا المختلفــة الكامنة فى الغذاء ذاته ٠

ومن شأن مثل هذه الأصناف أن تمد البحارة بما يحتاجونه من طاقة ولكن لا شىء يذكر دون ذلك ٠ غير أن السفر بحرا فى العصور القديمة والوسطى كان يتمثل الى حد كبير فى الابحار بمحاذاة الشواطىء مع تكرار التــوقف ، مما كان يتيح للبحارة تناول الوجبات الغذائية الدسمة وبالتالى لم تكن ثمة مشكلة ٠

ولما شهد القرن الخامس عشر بداية عصر الاكتشــافات بدأت الرحلات تطول وزادت فترات البقاء في البحر ٠ وفى عام ١٤٩٧، نجحالرحالة البرتغالى فاسكو داجاما (١٤٦٠ ــ ١٥٢٤) فى أن يدور حول قارة أفريقيــا ، وأن يتم أول رحلة بحــرية بين البرتغال والهنــد ، وقد استغرقت الرحلة أحد عشر شهرا ، ولكن بنهايتها كان عــدد من البحــارة قد أصيبوا بداء الاسقربوط ، وتتمثل أعراضه فى تورم اللثة وتزيف الدم منها وتقلقل الأسنان وآلام فى المفاصل والوهن وسهولة الجرح ٠

ولم يكن ذلك بداء مجهـول ، فقد كان يشـكو منه من يتعرضون فى أوقات الحرب لحصار طويل ، وقد ورد ذكره بصفة خاصة فى كتب التاريخ ، وسجلت تعليقات عنه منذ الحملات الصليبية على أقل تقدير • ولكن كانت هذه هى المرة الأولى التى يظهر فيها هذا الداء فى البحر •

وبالطبع لم يعرف أحد سببا للاسقربوط ، مثلما لم يكن أحد فى ذلك الوقت يعرف سببا لأى مرض • ولم يكن يساور أحدا شـك فى أن العلة قد تكمن فى الغـذاء ، حيث كان الاعتقاد السائد أن الأكل هو الأكل ، ولو توقف فسوف يؤدى الى الجوع ولا شىء غير ذلك •

واستمر الاسقربوط يبتلى ركاب البحر لمدة قرنين بعـد عهد داجاما ، وكان الأمر خطيرا • فقد كان البحارة المصابون بهذا الداء يفقدون قدرتهم على العمل • وكانت السفن فى مستهل العصر الحديث تحتاج طاقة عمل جبارة نظرا لسهولة تعرضها للغرق فى مواجهة العواصف ، حتى لو كان كل أفراد طاقمها فى كامل صحتهم ويعملون بجهد كبير •

ومـع ذلك كانت هنـاك بوادر لامكانيـة مواجهـة الاسقربوط •

وكان المكتشـف الفرنسى جاك كارتييـه (١٤٩١ ـ ١٥٥٧) قد أبحر ثلاث مرات الى أمريكا الشمالية فيما بين ١٥٣١ و ١٥٤٢ ، واكتشف خلال هذه الرحلات خليج سـان لورنس ونهر سـان لورنس ووضـع حجر الأسـاس للهيمنة الفرنسية على ما يسمى اليوم باقليم الكيبيك • وخلال رحلته الثانية أمضى فصل الشتاء ١٥٣٥ ـ ١٥٣٦ فى كندا • ولم يكن هناك شىء على السفينة ، بخلاف تلك الأصناف الضعيفة المعتادة ، يعين البحارة على مواجهة ذلك الفصل القارس، حتى ان خمسة وعشرين من رجال كارتييـه لقـوا حتفهم نتيجة

مرض الاسقربوط ، علاوة على اصابة نحو مائة آخرين بالعجز بدرجات متفاوتة ٠

وتقول الرواية ان الهنود كانوا يسقون مرضاهم ماء منقوعا فيه أبر الصنوبر ، وكان ذلك يأتي بنتيجة ملحوظة ٠

وحدث في عام ١٧٣٤ أن كان عالم نبات نمساوى يدعى ج٠هـ٠ كرامر بين صفوف الجيش النمساوى أثناء حرب الخلافة البولندية٠ وقد لاحظ عند ظهور مرض الاسقربوط، أنه في الغالب يصيب ضباط الصف والجنود ، أما الضباط فيبدون بصفة عامة محصنين ضده ٠ ولاحظ أن طعام الجنود مقصور على الخبز والبقول ، بينما يتناول الضباط الخضروات ٠ وكان الضابط الذى يحجم عن تناول الخضروات يتعرض للاصابة بالمرض كما لو كان مرصودا له ٠ وقد أوصى كرامر بادراج الخضروات والفاكهة ضمن طعام الجنود لمنع الاسقربوط ، ولكن لم يول أحد اهتماما بذلك ، فالأكل انما هو لسد الجوع !! ٠

وكان الاسقربوط يمثل مشكلة خاصة بالنسبةلبريطانيا العظمى ، حيث كانت تعتمد على أسطولها البحرى للذود عن شواطئها وحماية تجارتها ، ولو أصاب المرض بحارتها في وقت حرج فقد تعجز القوات البحرية عن أداء مهامها ٠

وكان طبيب اسكتلندى يدعى جيمس ليند (١٧١٦ ــ ١٧٩٤) قد التحق بالبحرية البريطانية ، وخدم فيما بين عامى ١٧٣٩ و ١٧٤٨ كمساعد جراح ثم كجراح ٠ وقد سنحت له بذلك فرصة ممتازة لملاحظة الظروف المفزعة التى يعيشها البحارة على متن السفن ٠

(كان صمويل جونسون يقول في ذلك الحين ان ما من أحد يخدم على متن سفينة الا ويؤثر عليها دخول السجن ٠ فالسفن تحتوى على عدد من الغرف أقل من السجن ، والطعام فيها أسوأ ، والرفاق أحط ، فضلا عن التعرض للغرق ٠

وتفيد احصائيات الحرب فى القرن الثامن عشر أن البريطانيين كانوا يفقدون نحو ثمانين فردا بسبب المرض أو الفرار مقابل كل فرد يقتل فى الميدان) ٠

وفى عام ١٧٤٧ اختار ليند ١٢ فردا من المصابين بالاسقربوط (وكان هناك بالطبع الكثيرون منهم) وقسمهم الى مجموعات من فردين ، وفرض لكل مجموعة نظاما غذائيا مختلفا باضافة بعض الأصناف ٠ وكان من نصيب واحدة من المجموعات برتقالتان وحبة ليمون يوميا ولمدة الأيام الستة التى سمحت بها ظروف التعيينات ، وكانت النتيجة أن تماثل فردا هذه المجموعة للشفاء من المرض بسرعة مذهلة ٠

وكان عليه بعد ذلك مهمة اقناع قيادة الأسطول البريطانى بتزويد البحارة بالموالح بصفة منتظمة ٠ وكانت مهمة تكاد تكون مستحيلة ، فالضباط ، كما نعلم جميعا ، لا يتسع أفقهم الا لفكرة واحدة جديدة طوال حياتهم (★) ، ويبدو أن القادة البريطانيين كلهم قد واتتهم هذه الفرصة عندما كانوا فى الخامسة من عمرهم أو نحو ذلك ٠

أما الكابتن كوك (١٧٢٨ ــ ١٧٧٩) فقد نجح خلال رحلاته الاستكشافية فى ألا يفقد سوى رجل واحد نتيجة الاصابة بالاسقربوط ٠ فقد كان يتحين الفرص للتزود بالخضروات الطازجة ، كما أضاف بعضا من الكروت (الكرنب المخمر) والملت (الشعير المنقوع فى الماء) الى الوجبات ٠ وقد اعتبر بطريقة ما أن سبب الوقاية يكمن فى الكروت والملت رغم أنه لم يكن لهما تأثير خاص ، وكان ذلك مثارا للبس ٠

ثم قامت الثورة الأمريكية وتبعتها الثورة الفرنسية وبدأت الأزمة تستفحل ٠ وشهد عام ١٧٨٠ (وهو العام الذى

(★) لقد تسببت هذه المقولة فى استياء أحد الضباط فبعث لى برسالة غاضبة ٠ واقول له ان هناك دائما استثناءات ولكن من الصعب الاهتداء اليها ٠

سبق معركة الذروة فى يوركتاون ، عندما قامت فرنسا ، فى وقت عصيب ، باحكام قبضتها على غرب الأطلنطى) مصرع ٢٤٠٠ من البحارة البريطانيين أى ¼ من قوة الأسطول ، نتيجة الاصابة بالاسقربوط ٠

وفى عام ١٧٩٨ توقفت البحرية البريطانية تماما عن أداء مهامها عندما وقع تمرد جماعى فى صفوف البحارة احتجاجا على المعاملة اللا انسانية التى يتعرضون لها ٠ وكان أحد مطالب المتمردين اضافة عصير الليمون للوجبات ٠ ولا يخفى على أحد أن البحارة العاديين لم يكونوا فى الواقع يستمتعون بالاصابة بالاسقربوط ، بل لا يبعث على الدهشة القول بأنهم كانوا أصحاب عقول سوية أكثر من قادتهم ٠

وقد قضى على التمرد بمزيج حكيم من الجزاءات البربرية والوعود البراقة بتنفيذ المطالب ٠ ولما كان الليمون الوارد من حوض البحر الأبيض المتوسط مكلفا استقر رأى القيادة البريطانية على احضار أنواع الحمضيات من الهند الغربية ٠ ولم تكن تلك الأنواع بنفس درجة فعالية الليمون ولكنها كانت أقل تكلفة ٠

وبذلك بدأ الاسقربوط فى الانحسار بعد أن كان يشكل تهديدا رئيسيا للبحرية البريطانية ، غير أن ليند كان قد مات قبل أن يتذوق طعم الانتصار ٠

بيد أن ذلك الانتصار لم يعمم وظل محليا ، حيث لم ينتشر استخدام الموالح ، وعلى مدى القرن التاسع عشر بأكمله استشرى مرض الاسقربوط على الأرض ، لا سيما فيما بين الأطفال الذين تجاوزوا مرحلة الرضاعة ٠ ورغم ما شهده ذلك القرن من تقدم ضخم فى مجال الطب الا أن ذلك لم يكن فى الاتجاه السليم لعلاج هذا الداء ٠

فمع نمو المعرفة فى فرع الكيمياء الحيوية على سبيل المثال ، تبين أن هناك ثلاث فئات رئيسية للأغذية العضوية

وهى الكربوهيدرات والدهون والبروتينات · ولقد اتضح آخيرا أن الغـذاء ليس بالضرورة مجـرد آكل ، ولكن تختلف أنواعه بحسب قيمتهـا الغـذائية · الا أن أوجه الاختـلاف انحصرت تماما فيما يبدو فى كميـة البروتين الموجـود فى الطعام ونوعه ، ولم يسع العلماء الى التعمق أكثر من ذلك ·

علاوة على ذلك فقد شهد هذا القرن الاكتشاف العظيم لتأثير الكائنات الحية الدقيقة على الأمراض · وقد اكتسـت « نظرية الجراثيم » هذه قدرا هائلا من الأهمية ــ حيث أدت الى السيطرة على مختلف أنواع أمراض العـدوى بدرجة من الفعالية جعلت الأطباء يتجهون بتفكيرهم الى الربط بين كل الأمراض والجراثيم ، ومن ثم تراجع قليلا احتمال أن يكون للغذاء دور فى الاصابة ببعض الأمراض ·

ولم يكن الاسقربوط هـو المرض الوحيـد الذى يداهم البحارة ويمكن مواجهتـه بالنظام الغـذائى · ففى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، بدأت اليابان تطور نفسها على الطريقة الغربية وأخذت تتبوأ موقعهـا كقـوة عظمى · وفى هذا الاطار شرعت بجـدية فائقـة فى بنـاء أسـطول حديث ·

وكان اليابانيون يتناولون فى طعـامهم الأرز الأبيض والأسـماك والخضروات ، ومن ثم لم تكن هنـاك مشـكلة الاسقربوط ، ولكنهم سقطوا فريسة مرض آخر يعرف باسـم « البرى برى » ، وهـو لفظ يعنى فى اللغـة السريلانكيـة «شديد الضعف» · وكان هذا المرض يسبب تلفا فى الأعصاب ويؤدى الى ضعف فى الأوصال وهزال ووهن وينتهى المـآل بالمريض الى الوفاة ·

وكان على رأس البحـرية اليابانية فى ذلك الحين قائد يدعى كانيهيرو تكاكى ، وقـد أولى فى الثمانينـات من ذلك القرن اهتماما كبيرا بهذا الأمر · ولاحظ تكاكى انه ، بينما

يعصف البرى برى بثلث البحارة اليابانيين وقتما يظهر ، يبقى الضباط على متن السفن بمنأى عن المرض ، وأن النظام الغذائى هنا أيضا مختلف ٠

وفى عام ١٨٨٤ قرر تكاكى ادخال قدر أكبر من التنوع على النظام الغذائى واضافة بعض الأصناف البريطانية اليه ، فاستعاض عن جزء من الأرز بالشعير وأضاف الى الوجبات بعض اللحوم واللبن المكثف ٠ وكان من نتيجة ذلك أن قضى تماما على البرى برى ٠ وأعزى تكاكى ذلك الى اضافته مزيدا من البروتين الى الطعام ٠

ومرة أخرى توقف الأمر عند ذلك الحد ، تماما مثلما حدث قبل ذلك بقرن فى حالة ليند ٠ واذا كان قد قضى على البرى برى ـ مثلما قضى على الاسقربوط ـ على متن السفن، فقد إستمر فى استشرائه على الأرض مثل الاسقربوط أيضا ولا شك أنه من الأيسر نسبيا التحكم فى النظام الغذائى لعدد محدود من البحارة الذين لا يملكون سوى الطاعة والا تعرضوا لحساب عسير ، بينما انه من العسير تغيير النظام الغذائى لملايين من البشر ، لا سيما لو كان التغيير مكلفا ، وخاصة لو كان الناس يدبرون أمرهم بالكاد لايجاد أى شئ يسدون به جوعهم ٠ (ورغم التوصل الى سبب البرى برى والى أسلوب علاجه ، مازال هذا المرض يفتك حتى الآن بمائة ألف شخص سنويا) ٠

وكان البرى برى مستشرى فى بلاد الهند الشرقية (المعروفة الآن باسم أندونيسيا) فى القرن التاسع عشر ، ولما كانت البلاد تحت الاحتلال الهولندى ، فقد أولى الهولنديون بالطبع اهتمامهم بهذا الأمر ٠

وكان طبيب هولندى يدعى كريستيان أيكمان (١٨٥٨ ـ ١٩٣٠) يخدم فى أندونيسيا ولكنه أعفى من الخدمة وأعيد الى بلاده اثر اصابته بالملاريا ٠ ولما تماثل

أخيرا للشفاء وافق فى عام ١٨٨٦ على العودة الى هذا البلد على رأس فريق من الأطباء لدراسة مرض البرى برى وتحديد الطريقة المثلى لمقاومته ٠

وكان ايكمان مقتنعا بأن البرى برى من أمراض العدوى ومن ثم جلب معه عددا من الفراريج على أمل أن يجعلها تتكاثر لاستخدامها كحيوانات تجارب ٠ وكان يفكر فى أن ينقل اليها عدوى المرض ، ثم يعزل الجرثومة ويدرسها ثم يعد مضادا لها ويحاول ايجاد العلاج الملائم لتجربته على المرضى من البشر ٠

ولكن خطته لم تفلح حيث لم يستطع نقل العدوى للطيور ، ومن ثم عاد معظم أعضاء الفريق الطبى الى هولندا ٠ غير أن ايكمان بقى هناك وعمل رئيسا لمعمل البكتريا وواصل أبحاثه بشأن البرى برى ٠

ثم حدث فجأة فى عام ١٨٩٦ أن أصيبت الدواجن بمرض أعجزها عن الحركة ٠ وكان واضحا أن المرض أصاب الجهاز العصبى ، وبدا لايكمان ــ الذى أثاره ذلك بشدة ــ أنه يماثل مرض البرى برى الذى يصيب الانسان ، فهو أيضا مرض يصيب الجهاز العصبى ٠

وظن ايكمان أن العدوى انتقلت أخيرا للدواجن ٠ وعاد الى خطته ، فما عليه الا أن يرصد الجرثومة التى أصابت الجهاز العصبى فى الدواجن المريضة ، وأن يثبت أن المرض حدث بانتقال تلك الجرثومة الى الدواجن وقت أن كانت سليمة ثم يعمل على اعداد المضاد وهلم جرا ٠

وباء كل ذلك بالفشل مرة ثانية ، حيث لم يعثر على آية جراثيم وبالتالى لم يستطع نقل العدوى ٠ والأغرب من ذلك أن المرض اختفى فجأة بعد حوالى أربعة شهور وتماثلت الدواجن للشفاء ٠

وأخذ ايكمان ـ وقد اصابته حيرة شـديدة وخيبة أمل بالغة ـ يفكر فيما عساه قد حدث ، واكتشف أن قبل تماثل الدواجن للشفاء مباشرة وصل الى المستشفى طاه جديد ٠

وكان الطاهى السابق قد أخذ على عاتقه في وقت من الأوقات اطعـام الفراريج ببقايا الأكل المقـدم للمرضى فى المستشفى ، وكانت وجبات غنية بالأرز الأبيض المضروب ـ أى المنزوعة قشرته الضاربة الى السمرة ٠ (وتعزى عملية ضرب الأرز الى أن القشرة تحتوى عـلى زيوت قد تؤدى الى زنخ الرائحة عند التخزين ٠ أما الأرز المضروب الخالى من الزيوت فيبقى صـالحا للاسـتهلاك لفترة طـويلة) ٠ وقد أصيبت الدواجن بالمرض خلال فترة اطعامها بهذه البقايا٠

وعندما تولى الطاهى الجـديد مهامه ، انزعج لفـكرة استخدام نفس الأكل المقدم للانسان لاطعام الدواجن ، فقرر اطعامها بالأرز الأسمر الكامل بقشوره ٠ وهذا هو ما أدى الى تحسن صحتها ٠

وعنـد ذلك تيقن ايكمان أن سـبب الاصـابة بمرض البرى برى وعلاجه يكمنـان فى نوع الغـذاء ، وانه ليس بمرض جرثومى ٠ ولابد أن هناك شيئا فى الأرز يؤدى الى الاصابة بالمرض وشيئا فى القشرة يؤدى الى الشفاء منه ٠ ولا مجال لأن يتعلق ذلك الشىء بالمكونات الرئيسية ، حيث ان عناصر الكربوهيدرات والدهون والبروتين الموجودة فى الأرز ليست مضرة فى حـد ذاتهـا ٠ لابد اذن أنه يكمن فى عنصر موجود بكمية ضئيلة للغاية ٠

والمكونات الموجودة بمقدار ضئيل ومن شأنها أن تؤدى الى مرض الانسـان ، بل والى قتله ، كانت بالطبع معـروفة ويطلق عليها السموم ٠ وانتهى ايكمان الى أن الأرز الأبيض يحتوى بشكل ما على سميات ، أما قشر الأرز فيحتوى عـلى شىء يبطل مفعول السموم ٠

ومع أن تلك النتيجة تناقض الواقع· الا أن فكرة احتواء الأغذية على مسحة من عناصر تؤدى الى الاصابة بالأمراض أو الشفاء منها كانت مثمرة بشكل عجيب · واذا كان ما توصل اليه ليندوتكاكى من نتائج يتسم بالأهمية الا أنها لم تستمر، بينما فتحت أبحاث ايكمان الباب على مصراعيه لمزيد من التجارب مما أسفر عن حدوث ثورة ضخمة فى علم التغذية ·

وقد نال ايكمان عن هذا العمل نصيبا من جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ فى علم الوظائف (الفسيولوجيا) والطب ، حيث تجلت فى ذلك الوقت على نطاق واسع الطبيعة المبشرة للنتائج التى توصل اليها · غير أنه لم يتمكن مع الأسف من الذهاب الى ستوكهولم لتسلم جائزته لمرضه الشديد ، ومات فى العام التالى ، ولكنه على عكس ليند ، كان قد امتد به العمر حتى ذاق حلاوة انتصاره ·

وكان ايكمان قد عاد الى هولندا بمجرد أن توصل الى اكتشافه الكبير ، غير ان زميلا له فى العمل يدعى جيريت جرينز (١٨٦٥ ــ ١٩٤٤) بقى فى أندونيسيا · وكان هو أول من أعلن التفسير الصحيح لما توصل اليه ايكمان · ففى عام ١٩٠١ (العام الأول من القرن العشرين) قدم مجموعة من الأدلة على أن السرس (قشر الأرز) لا يحتوى على شىء يقاوم السموم ولكنه يعتبر فى حد ذاته عنصرا أساسيا لحياة الانسان ·

وبمعنى آخر ، فالأرز الأبيض يؤدى الى الاصابة بالمرض لا لأنه يحتوى على كمية ضئيلة من السموم ، ولكن لأنه لا يحتوى على مقدار ضئيل من عنصر حيوى · البرى برى اذن ليس مجرد مرض غذائى ولكنه مرض ينتج عن نقص غذائى ·

ولقد كان ذلك بمثابة ثورة فى التفكير ! فقد اعتاد الناس على مدى آلاف السنين على أن الانسان قد يلقى مصرعه

نتيجة وجود أثر من السموم ، اما الآن ، فيتعين عليهم لأول مرة أن يتقبلوا فكرة امكانية الوفاة بسبب نقص كمية ضئيلة من شيء ما • ولما كان ذلك « الشيء » نقيض السم ، ولما كان نقصه يعنى الموت ، فيمكن وصفه بأنه « سم فى السالب » •

وما أن استوعب الناس تلك الحقيقة حتى تبين أن البرى برى ليس بالمرض الوحيد الناجم عن نقص فى الغذاء • فالاسقربوط مثل جلى آخر له • وفى عام ١٩٠٦ أفاد عالم كيمياء حيوية انجليزى يدعى فردريك جولاند هوبكنز (١٨٦١ ــ ١٩٤٧) بأن الكساح أيضا من الأمراض الناجمة عن نقص الغذاء • وقد نجح فى نشر نتائجه واقناع العاملين فى الحقل الطبى بها بدرجة فائقة استحق عليها مشاركة ايكمان فى جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ •

وفى عام ١٩١٢ أعلن عالم الكيمياء الحيوية البولندى كازيمير فانك (١٨٨٤ ــ ١٩٦٧) أن الحصاف أيضا ينجم عن نقص فى التغذية ، فأصبح بذلك رابع مرض ينتمى لهذه الفئة من الأمراض •

وقد أصيب علماء التغذية بالضيق ازاء تلك المسألة المبهمة المتمثلة فى وجود أثر لعناصر فى الأغذية يتحكم فى حياة الكائنات الحية ، بما فيها الانسان• ان ذلك ليتناسب مع الأفكار الصوفية والروحانيات • أما ما يتحتم عمله فهو السعى الى عزل تلك العناصر ومحاولة تحديد ماهيتها ونوعية تأثيرها • ان ذلك كفيل بارجاع الأمور الى الكيمياء الحيوية الطبيعية الواقعية •

بمعنى آخر لا ينبغى أن يقتصر الأمر فى التعامل مع الأغذية على القول بأن « عصير الليمون يمنع الاصابة بالاسقربوط والأرز الأسمر يقى من البرى برى » • قد يكون هذا الكلام كافيا بالنسبة للعامة الذين يتعرضون ــ لو حادوا

عنه ـ للاصابة بهذه الأمراض ، ولكنه بالقطع ليس كافيا بالنسبة للعلماء ٠

وكان عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي المر فرنر ماكولم (١٨٧٩ ـ ١٩٦٧) هو أول من خطا خطوة الى أبعد من الأغذية في حد ذاتها ٠ فبينما كان في عام ١٩٠٧ يبحث في أثر التغذية على الماشية بأن يغير من أصناف الأغذية ويحلل نفايات الحيوانات من عرق وبول وخلافه أزعجه وأحبطه كم العمل الذى ينتظره نتيجة تنوع الأغذية والنفايات ، وما يسفر عن ذلك من معدل بطيء في البحث ، فقرر أن يحول أبحاثه الى حيوانات أقل حجما وأكثر عددا من أجل تعجيل الدراسة ، ثم يستفيد بعد ذلك بالنتائج ويطبقها على الحيوانات الكبيرة ـ مثلما فعل ايكمان من قبل باستخدامه الدواجن ٠

واختار ماكولم حيوانات أصغر حتى من الدواجن ، وأعد أول مستعمرة للفئران البيضاء لاستخدامها فى أبحاثه المتعلقة بالتغذية ، وهو اختيار سرعان ما قلده فيه كثيرون فى سائر المجالات ٠

وذهب ماكولم الى أبعد من ذلك ، فحاول تحليل الأغذية الى عناصر مختلفة كالسكر والنشويات والدهون والبروتين ثم قدمها بصور مختلفة كعناصر منفصلة وكخليط غذاء للفئران البيضاء ، وأخذ يتابعها فى أية حالة تنمو بشكل طبيعى ومتى يكون النمو بطيئا ومتى تظهر عليها أية أعراض غير طبيعية ٠

وفى عام ١٩١٣ ، أثبت على سبيل المثال أن اضافة مقدار ضئيل من الزبد أو من صفار البيض الى بعض الأغذية التى لا تؤدى فى المعتاد الى نمو الفئران نموا طبيعيا ، من شأنها أن تعيد النمو الى معدله الطبيعى ٠ ولم تكن الدهون وحدها هى التى أدت الى ذلك التأثير ، حيث تبين أن اضافة

أنواع أخرى من الدهون ، كدهن الخنزير أو زيت الزيتون، الى الأغذية لم يكفل المعدل الطبيعى للنمو ٠

لابد اذن أن بعض الدهون دون غيرها تحتوى على مقدار ضئيل من عنصر ما يأتى بذلك المفعول ٠ وفى العام التالى أعلن ماكولم أنه تمكن ، باستخدام عمليات كيميائية مختلفة ، من استخراج ذلك العنصر من الزبد ثم أضافه إلى زيت الزيتون ، وعندما أضاف زيت الزيتون بعد ذلك الى غذاء الفئران أصبح نموها طبيعيا ٠

وشكلت تلك النتيجة دعما قويا لنظرية العناصر الطفيفة الضرورية للحياة ، وخلصتها من أية نزعات كهنوتية ٠ وأيا كان ذلك العنصر ، فلا مفر من أن يكون عنصرا كيماويا ، أى يمكن معالجته بعمليات كيميائية ٠

والواقع أن الأنسجة الحية تتكون فى معظمها من الماء ٠ وفى هذا الوسط المائى هناك بنيات صلبة تتكون من مواد غير عضوية (العظام على سبيل المثال) أو جزيئات غير قابلة للذوبان (كالغضاريف مثلا) ٠ وعلاوة على ذلك هناك جزيئات عضوية ضئيلة يمكن للعديد منها أن تذوب فى الماء وبالتالى فهى موجودة على هيئة محلول ٠

ولكن بعض الجزيئات من الأنسجة الحية غير قابل للذوبان فى الماء ٠ ويتصدر هذه الجزيئات الدهون والزيوت ، فهى تتحد مع بعضها وتظل منفصلة عن الماء ٠ وهناك أيضا من هذه الجزيئات غير القابلة للذوبان فى الماء ما يمكن أن يذوب فى الدهون ٠

ومن ثم يمكن تجميع الجزيئات الضئيلة فى الأنسجة الحية فى مجموعتين ٠ مجموعة قابلة للذوبان فى الماء ، ومجموعة قابلة للذوبان فى الدهون ٠ ويمكن استخلاص العناصر القابلة للذوبان فى الماء من الأنسجة باستخدام

مزيد من الماء • أما العناصر القابلة للذوبان فى الدهون فيمكن استخلاصها باستخدام المذيبات من قبيل الايثير أو الكلوروفورم •

ومن الواضح أن العنصر الطفيف الضرورى للنمو ، والذى أشرنا آنفا الى أنه موجود فى بعض الدهون دون غيرها، هو من العناصر القابلة للذوبان فى الدهون • ومن جهة أخرى فقد تمكن ماكولم من أن يثبت أن أيا كان ما يحتويه قشر الأرز ويقى من البرى برى، فانه يمكن استخراجه بالماء وبالتالى فهو قابل للذوبان فى الماء • وتمثل تلك النتيجة فى حد ذاتها برهانا على أن الأمر لا يقتصر على عنصر طفيف واحد شامل يكفل النمو الطبيعى ويمنع الأمراض ، ولكن هناك عنصرين على الأقل •

وازاء عدم توافر أية معلومات عن بنية هذين العنصرين، اضطر ماكولم الى استخدام الرموز للتمييز بينهما • وفى عام ١٩١٥ لجأ الى استخدام الحرف (أ) للدلالة على العناصر القابلة للذوبان فى الدهون والحرف (ب) لتلك القابلة للذوبان فى الماء (مقدما بذلك اكتشافه الشخصى بدافع من النزعة الطبيعية لحب الذات) •

وقد بدأ بذلك ، الاتجاه الى استخدام الحروف الأبجدية لتعريف العناصر الطفيفة الضرورية ، واستمرت تلك العادة على مدى ربع قرن ، الى أن تسنى معرفة تركيباتها الكيميائية على وجه الدقة فأطلقت عليها أسماء أخرى • ومازالت حتى الآن عملية التوصيف بالحروف مستخدمة ليس فقط بين عامة الناس ، بل ومن جانب علماء الكيمياء الحيوية وعلماء التغذية •

وفى هذه الأثناء كانت هناك محاولة أخرى للتسمية • كان فانك ــ الذى أشرنا اليه آنفا ــ يجرى فى لندن أبحاثا عن هذه العناصر الطفيفة ــ وفى عام ١٩١٢ أوصلته نتائج

تحليلاته الكيميائية الى الاقتناع بأنه آيا كان العنصر الطفيف الذى يحول دون الاصابة بمرض البرى برى ، فلابد أنه يحتوى ضمن تركيبته الكيميائية على مجموعة ذرية تتكون من ذرة نيتروجين وذرتى هيدروجين (NH_2) • وترتبط هذه المجموعة كيميائيا بالأمونيا (NH_3) ومن ثم أطلق عليها الكيميائيون اسم « الأمين » (amine) • وقد كان الصواب حليفا لفانك فى هذه النتيجة •

ثم ذهب فانك بتفكيره الى انه لو كان هناك أكثر من نوع من هذه العناصر الطفيفة ، فالأرجح انها ستنتهى كلها الى نوع أو آخر من « الأمينات » • (وقد جانبه الصواب فى ذلك) • ولهذا السبب أطلق على العناصر الطفيفة فى مجموعها « فيتامينات » « vitamines » وهى كلمة تعنى فى اللاتينية « أمينات الحياة » •

ولكن لم تكد تمر سنوات معدودة حتى تجمعت البراهين على أن بعض العناصر الطفيفة اللازمة للحياة لا تحتوى فى تركيبتها الكيميائية على مجموعة أمينية ، وبالتالى لا ينطبق عليها اسم « الفيتامين » • غير أن العلوم تنطوى على حالات عديدة من هذا القبيل ، حيث لا يكون ثمة مفر فى المعتاد من استمرار استخدام الاسم الخطأ ، لا سيما لو كان قد انتشر على نطاق واسع فى الكتابات العلمية وفى الاستخدامات الشائعة الأخرى بحيث يصعب الغاؤه • (فاسم الاكسجين على سبيل المثال اسم غير صحيح ولكنه ظل معروفا بهذا المعنى لمدة تناهز قرنين ، فما العمل ؟؟) •

غير أن عالم الكيمياء الحيوية الانجليزى جاك سيسل دروموند (١٨٩١ ــ ١٩٥٢) اقترح فى عام ١٩٢٠ أن يلغى على الأقل حرف ال «e» الموجود فى نهاية الكلمة حتى لا يستشرى ذلك الخطأ فى استخدام كلمة « amine » وقد لقى ذلك الاقتراح ترحيبا سريعا ، وأصبحت العناصر الطفيفة

تعرف باسم « vitamins » بدون الـ «e» الأخيرة ، واستمر ذلك الاسم ساريا منذ ذلك الحين ٠

وبناء على ذلك أطلق على العناصر (أ) القابلة للذوبان فى الدهون اسم « فيتامين (أ) » (Vitamin A) وعلى العناصر (ب) القابلة للذوبان فى المياه اسم «فيتامين ب» (Vitamin B) وسوف أتناول فى الفصل القادم قصة ما يمكن أن نسميه اليوم فيتامينات ٠

الفصل السابع

اقتفــاء الأثــر

كان والدى رجلا متسلطا فى آرائه · ولما لم يكن قد نال من التعليم الا دراسة مستفيضة لليهودية والتوراة وتشريعاتها واللاهوتية ، فقد كان يعتمد على الفطرة والبديهة · وكثيرا ما كان يقــوده ذلك بالطبــع الى الخطأ ، ولكننى أدركت فى مستهل حياتى أنه ما أن يكــون رأيا فمن المســتحيل تحت أى ظرف أن يغيره ــ الا لو حدث بالمصادفة أن كان الرأى سديدا منذ الوهلة الأولى ·

وأذكر ذات مرة أنه كان يشن هجــوما ضــاريا عــلى ما تنطوى عليه « لعبة المقامرة بالأرقام » من شرور وخطيئة ، وذلك فى اطار أسلوبه اللاذع سعيا الى أن يعصم ابنه وأمله الواعد ، من التردى فى هوس القمار الذى لا يقاوم · (ولم يفلح فى ذلك أبدا) ·

واستمعت اليه لفترة ، ثم فكرت فى أن أوقفه قليلا ، فقلت له : « أعلم يا أبى · فأنت تختار عددا من ثلاثة أرقام وهناك ألف من التباديل والتــوافيق ، ومن ثم ففرصتك فى اختيار العدد الصحيح واحد فى الألف ، ولكنك لا تحصـــل الا على ستمائة لواحد لو كسبت · وذلك يعنى أنك لو لعبت ألف عدد ، ودفعت دولارا لكل عدد ، فانك تكون قد دفعت ألف دولار ، ومع ذلك فليس هناك سوى فرصة فوز واحدة وتربح فيها ستمائة دولار فقط ، والبــاقى يذهب لمنظمى اللعبة » !

فقال والدى : « ان فرص الفوز « أقل » من واحد فى الألف » ٠

فقلت : « لا يا أبى ، هب أن هناك ألف شخص ، وكل واحد يختار عددا مختلفــا عن الآخــر من ٠٠٠ الى ٩٩٩ ٠ وسوف يكون الفوز من نصيب واحد منهم فقط ٠ الفرصــة اذن واحد فى الألف » ٠

فقال منتشيا : « واضح أن ابنى بذكائه يقدم برهانا ان ما تقوله صحيح لو أن كل شخص سيختار عددا مختلفــا عن الآخرين ، ولكن من قال انه سيختار عددا مختلفا ؟ كل واحد سيختار العدد الذى يريده ، وماذا لو لم يوفق أحد الى اختيار العدد الصحيح ؟ وهذا ما يجعل الفرصة أقل من واحد فى الألف » ٠

فقلت : « لا يا أبى ، فان هذا الاحتمال يقابله احتمال أن يوفق أكثر من شخص فى الاختيار السليم » ٠

ورمقنى والدى فى استنكار وقال : « اثنـان يختاران العدد الصحيح ؟ مستحيل ! » ، ووضع ذلك نهاية للجدل ٠

ولعلى أقول ان المدخلات والمخرجات فى نظرية الاحتمالات مسألة ليست بيسيرة حتى على المتمرسين في الرياضيات ٠

وتحضرنى واقعة أخرى حدثت بعــد أن بدأت دراســة منهج التحليل الكمى ، وكنت أشرح لوالدى طبيعة التوازن الكيميائى ومدى ما يتسم به من دقة بالغــة ، فقد يتـوقف الأمر على جزء من المليجرام بغرض أن تتسم المعايرة والميزان بالدقة ــ والمليجــرام لا يــزيد عــلى ثلاثين من الألف من الأونس ٠

وهز أبى رأسه مستنكرا وقال : « ان هــذا لسخف ! من سيزن مثل هذا المقدار الضئيل ؟ انه لن يؤثر فى شىء ٠ ان

مقدار ثلاثين من الألف من الاونس من اى شيء لا يمكن ان يكون له أهمية » ٠

ولم افلح فى اقناعه أبدا بأهمية الدقة البالغة فى العمليات التحليلية ٠

وهذا يعيدنا الىموضوع الفصل السابقوهوالفيتامينات ٠

لقد توقفنا فى الفصل السابق عند تسمية اثنين من العناصر الطفيفة (وهى العناصر اللازمة للحياة بكميات طفيفة للغاية (وهما فيتامين أ وفيتامين ب ، وقلنا ان الفيتامين أ قابل للذوبان في الدهون بينما الفيتامين ب يذوب فى الماء ٠ واذا كانت الفئة القابلة للذوبان بشكل مطلق من العناصر الموجودة فى الجسم اما تذوب فى الماء أو تذوب فى الدهون ، ألا يكون من الأيسر وجود فيتامين واحد من كل نوع ولا شيء غير ذلك ؟ ولكن يبدو أنه من الشطط التفكير في أن تكون الأمور بمثل هذه البساطة ٠

من هذا المنطلق ، فان الفيتامين ب سوف يمنع الاصابة بمرض البرى برى ، أو سوف يفضى الى الشفاء منه سريعا فى حالة الاصابة فعلا ، ولكن لن يكون له تأثير على الاسقربوط ٠ ومن ناحية أخرى هناك شيء فى عصير البرتقال يمنع الاصابة بالاسقربوط أو يشفى منه ، ولكن لا علاقة له بالبرى برى ٠ وقد أطلق دروموند (الذى اقترح حذف حرف الـ «e» من كلمة Vitamine) على العنصر الطفيف الموجود فى عصير البرتقال « فيتامين جـ » (Vitamin C) ٠

ورغم أن الفيتامين جـ ، شأنه فى ذلك شأن الفيتامين ب، قابل للذوبان فى الماء ، الا أن الاثنين يختلفان عن بعضهما بشكل ما ، فكل منهما يقى ويشفى من مرض يختلف عن الآخر ٠

وبعد ذلك نجحت مجموعة من اخصائيى التغذية فى

جامعة جونز هوبكنز في عام ١٩٢٢ في ان تثبت أنه يمكن الوقاية ضد مرض الكساح أو الشفاء منه ، باتباع نظام غذائي معين • وذلك يعني أن بعضا آخر من الأغذية يحتوى على عنصر طفيف جديد أطلق عليه « فيتامين د » (Vitamin D) . وتبين أن هذا الفيتامين ، شأنه في ذلك شأن الفيتامين أ ، قابل للذوبان في الدهون ، ولكن ، وللمرة الثانية ، يختلف الاثنان عن بعضهما بشكل ما ، فكل منهما يكافح مرضا يختلف عن الآخر •

وكانت الفيتامينات في ذلك الحين عناصر تبعث على الاحباط لما كانت تتسم به من « غموض » • فلو أن أحدا حلل أحد الأغذية المعروفة باحتوائها على نوع من الفيتامينات، وأرجعه الى عناصره الأصلية ونقاها كيميائيا، فسوف يكتشف انه ما من واحد من مركبات هذا الغذاء يؤثر على المرض، حتى لو أضيفت تلك المركبات بنسبة مائة في المائة الى الأغذية ، ومن ثم فليس بينها أى فيتامين • فهل الفيتامين شيء غير مادى ؟ أم تراه مركبا كيميائيا عاديا ولكن موجودا بمقدار ضئيل للغاية ؟

وبالطبع لو أن هناك أدنى احتمال لأن يكتنف « الغموض » شيئا حيويا يتعلق بالصحة ، فسوف يفسح ذلك المجال لكل أنواع الدجل أو الاحتيال للايقاع بعامة الناس •

ولما كانت الفيتامينات تكتسى درجة من الأهمية لا يتناسب معها مطلقا ترك الأمور تغوص في ظلمات الغموض ، فقد كانت هناك ضغوط شديدة تمارس على علماء الكيمياء الحيوية لتحديد نوعية الفيتامينات كمركبات ذات طابع خاص ولا تختلف في طبيعتها عن أى مركب آخر • بمعنى آخر ، مطلوب « اقتفاء أثر العناصر الطفيفة » •

ولكن ما السبيل الى ذلك ؟ هب اننا أتينا بعصير برتقال ثم أضفنا اليه عنصرا كيميائيا من شأنه أن يتحد مع نوعية من الجزيئات في العصير فيكون مادة غير قابلة للذوبان ،

وتبقى الجزيئات الأخرى فى العصير على هيئتها كمحلول ٠ ولو فصلنا تلك المادة غير القابلة للذوبان عن المحلول ، فسنجد أننا أمام سؤال : هل الفيتامين ج موجود فى المادة المستخرجة أم فيما تبقى فى العصير ؟

كيف نرد على هذا السؤال ؟ ان أفضل طريقه تتمثل فى تعريض كائنات حية لنظام غذائى لا يحتوى على فيتامين ج الى ان تصاب بمرض الاسقربوط ، وعندئذ يقسم النظام الغذائى الى قسمين بحيث يضاف الى الأول المادة غير القابلة للذوبان والى الثانى المحلول المتبقى فى العصير ، ثم يقدم كل قسم الى مجموعة من الكائنات الحية المصابة ٠ والنظام الغذائى الذى يسفر عن الشفاء من الاسقربوط (لو حدث ذلك) هو الذى يحتوى على فيتامين ج ٠

غير أن الأمر ليس بهذه الدرجة من السهولة ! فالاسقربوط من الأمراض التى يمكن تهيئة فرصة اصابة الانسان به ، لا سيما بين الأطفال الصغار ، لكن ليس من المقبول اتخاذ الأطفال حقول تجارب ٠ لابد اذن من الاستعانة بحيوانات للحصول على المعلومات اللازمة ٠

ولكن يبعث على الأسف أن الحيوانات بصفة عامة تعد الى درجة كبيرة أقل تعرضا للاصابة بالاسقربوط من الانسان٠ فالأنظمة الغذائية التى من شأنها أن تؤدى سريعا الى اصابة الانسان بهذا المرض لا تشكل أية خطورة على الحيوانات ٠

بيد أنه بحلول عام ١٩١٩ ، تبين أن هناك نوعين من الحيوانات التى يمكن تهيئة فرصة اصابتها بالاسقربوط ٠ ويتضمن النوع الأول مختلف أنواع القردة ، فهى حيوانات على درجة من القرب من الانسان فى شجرة التطور بحيث تتأثر بنفس درجة تأثر الانسان بوجود الفيتامين ج أو بعدم وجوده ٠ ولكن ثمة مشكلة تكمن فى أن القردة حيوانات باهظة التكاليف ولا يسهل تداولها ٠

أما الخنازير العينية ، فقد اتضح لحسن الحظ انه يمكن استخدامها لهذا الغرض حيث انها قابلة للاصابة بالاسقربوط، بل انها تفوق الانسان في درجة استعدادها الطبيعي للاصابة به ، فضلا عن انها رخيصة التكاليف ويسهل التعامل معها ·

وقد أتاح استخدام « حيوانات التجارب » الفرصة لتحديد نوعية الأغذية التى تحتوى على فيتامين ج وتلك التى لا تحتوى عليه ، بل أمكن تحديد مقدار ما يحتويه نوع معنى من الاغذية من ذلك الفيتامين ، كما أمكن بهذه الطريقة معرفة بعض خصائص الفيتامين ج ومن بينها أنه يتبدد سريعا بالتعرض للتسخين أو للأكسجين ·

ومن أهم النتائج التى تم التوصل اليها هو امكان معالجة مصادر الفيتامين ج كيميائيا للوقوف على مقدار ذلك الفيتامين فى مختلف مركبات المادة الغذائية ، وبالتالى أمكن تحضير بعض المركبات التى تحتوى على فيتامين ج بدرجة تركيز تفوق ما تحتويه أية مادة غذائية طبيعية ·

وبحلول عام ١٩٢٩ ، تمكن عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى تشارلز جلين كينج (١٨٩٦ ــ) ومساعدوه من انتاج مستحضر صلب يحتوى الجرام منه على مقدار من فيتامين ج يفوق ما يحتويه لتران من عصير الليمون ·

وفى هذه الأثناء ، كان هناك عالم كيمياء حيوية مجرى يدعى ألبرت زنت جيورجي يعمل بجد ونشاط (وهو فى التسعين من عمره) فى انجلترا ، ويبحث فى « تفاعلات الأكسدة والاختزال » ، واكتشف أن الخلايا الحية تحتوى على بعض المركبات التى تميل الى اطلاق زوج من ذرات الهيدروجين (بما يكافىء عملية « الأكسدة ») بينما هناك مركبات أخرى لديها استعداد لأن تستقبل زوجا من ذرات الهيدروجين (بما يكافىء عملية « الاختزال ») ·

وقد نتصور وجود بعض المركبات الوسيطة التى من شأنها القيام بدور مساعد فى هذه التفاعلات أى لديها القدرة على التقاط ذرتى هيدروجين من الجزىء «أ» ونقلهما الى الجزىء «ب» ، ثم تلتقط ذرتين أخريين وتنقلهما وهلم جرا • ويطلق على مثل هذه المركبات الوسيطة اسم « ناقلات الهيدروجين » •

ولما كانت عمليات الأكسدة والاختزال تعد حيوية بالنسبة للخلايا الحية ، فان ناقلات الهيدروجين تكتسى أهمية كبرى ومن ثم فهى تستحق الدراسة •

وفى عام ١٩٢٨ نجح جيورجى فى أن يعزل من الغدة الكظرية (فوق الكلية) مركبا نشيطا ناقلا للهيدروجين • ورغم أن التفاعلات الكيميائية لهذا المركب أظهرت صلته بالسكريات ، فانه يحتوى فى أحد أطراف الجزىء على مجموعة حمضية بدلاً من المجموعة الكحولية • وكانت الأنواع المختلفة من الجزيئات المتصلة بالسكريات معروفة لدى علماء الكيمياء الحيوية باسم « الأحماض البولية » (uronic acids) ولم يكن بوسع جيورجى فى بداية الأمر الا أن يقول ان المركب الذى عزله يحتوى على ست ذرات كربون فى الجزىء ، وأطلق عليه اسم « الحمض البولى السداسى » •

وفى هذه الأثناء ، واصل كينج أبحاثه بشأن مادة الفيتامين « جـ » المركز الى أن تمكن فى عام ١٩٣١ من تصنيعه فى صورة مادة بلورية نقية تتميز بدرجة تأثير حتى ان اضافة نصف جرام من هذه المادة يوميا الى غذاء الخنزير الغينى كانت كفيلة بوقايته من الاسقربوط • وبدا أن هذه البلورات ما هى الا الفيتامين « جـ » ذاته ، بمعنى آخر أتى اقتفاء الأثر بنتيجته وأصبح الفيتامين عنصرا ماديا ملموسا •

ولقد تبين بدراسة هذه البلورات أنها هى نفس المركب الذى أسماه جيورجى « الحمض البولى السداسى » • ومن ثم

يبدو أن جيورجى كان أول شخص ينجح فى عزل الفيتامين « جـ » وأن كينج كان أول شخص يكتشف أن هذا هو الفيتامين « جـ » ، أى أنهما يتقاسمان بصفة عامة براءة الاكتشاف .

وبعد أن اكتشفت طبيعة « الحمض البولى السداسى » أعاد جيوجى فى عام ١٩٣٣ تسميته باسم « الحمض الاسقربى » (ascorbic acid) ، وهو اسم مشتق من اليونانية بمعنى « لا اسقربوطى » وظل ذلك هو اسمه العلمى رغم استمرار استخدام اسم الفيتامين « جـ » بالنسبة للعامة .

وما أن أمكن عزل كمية وفيرة من ذلك الحمض (لا سيما بعدما اكتشف جيورجى أن الفلفل الأحمر غنى به) حتى توصل الكيميائيون سريعا الى تركيبته الكيميائية الدقيقة حيث تبين أن كل جزىء منه يحتوى على عشرين ذرة تنقسم الى ست ذرات كربون ، وثمانى ذرات هيدروجين ، وست ذرات أكسجين .

وحتى قبل أن يكتمل التعرف على البنية الدقيقة للحمض الاسقربى كان قد تم اكتشاف طرق لتخليقه صناعيا . ويتميز الحمض الاسقربى الصناعى بأن له نفس درجة فعالية الفيتامين الطبيعى ، فالجزيئان متماثلان تماما ولا سبيل للتمييز بينهما . وبعد ذلك صار بالامكان انتاج ذلك الحمض بالأطنان اذا لزم الأمر .

ولقد كان من شأن عزل الحمض الاسقربى وتحديد بنيته ثم انتاجه صناعيا أن أزال أى « غموض » يكتنف الفيتامينات . فالحمض الاسقربى ما هو الا جزىء مثل سائر الجزيئات ، يتكون من ذرات مثل كل الذرات ويخضع للدراسة والتحليل وفقا للقوانين الكيميائية العادية . وبما أن واحدا من الفيتامينات صار خاضعا لعلم الكيمياء ، أليس من المنطق أن ينسحب ذلك على الكل ؟

ولقد حدث ذلك بالفعل حيث أمكن التوصل لكل التركيبات الجزيئية لكافة أنواع الفيتامينات المعروفة ٠

وبديهى أن الكيميائيين كانوا يواصلون أبحاثهم بشأن الفيتامين «ب» ، وان اتضح أنها ايسر بشكل ما من الدراسات المتعلقة بالفيتامين « جـ » ٠ فبما ان جزىء الفيتامين « ب » يعد اكثر صلابة من نظيره فى الفيتامين « جـ » ، فهو أكثر مقاومة للتحلل عند التعرض للحرارة او الأكسجين ، وبالتالى أمكن استخدام طرق كيميائية عديدة لعزله دون أن يتعرض لتلفيات تذكر ٠

علاوة على ذلك فان معظم الحيوانات تتأثر بدرجة كبيرة لنقص الفيتامين « ب » قياسا بالعدد الضئيل نسبيا من الحيوانات التى تتأثر لنقص الفيتامين «جـ» ٠ فلقد كان مرض الدجاج ، كما ذكرنا فى الباب السابق ، هو مفتاح وقاية الانسان وشفائه من البرى برى ٠ بل ثبت أن الفئران البيضاء أكثر ملاءمة للتجارب بالنسبة للفيتامين « ب » من الخنازير الغينية ٠

وكان من نتيجة ذلك أنه لم يكد يحل عام ١٩١٢ حتى نجح « فانك » في أن يستخرج من الخميرة خليطا بلوريا خاما يحتوى على درجة تركيز ملموسة من الفيتامين «ب» ٠

وبحلول عام ١٩٢٦ ، أمكن تحضير الفيتامين « ب » المركز بدرجة نقاء عالية وأظهرت النتائج الأولية لمحاولات تحليل كميات ضئيلة من هذا المستحضر المركز ، أن الجزىء من الفيتامين « ب » يحتوى على عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين (مثل كل الجزيئات العضوية تقريبا) علاوة على النيتروجين (مثل جانب كبير منها) ٠ وواصل علماء الكيمياء الحيوية بعد ذلك محاولاتهم من أجل الحصول على مركز الفيتامين « ب » بدرجة نقاء أعلى وبكميات أكبر ٠

وفى عام ١٩٢٢ اعلن الكيميائى اليابانى س· آوداكى، اثر تحليل كمية ضئيلة للغـاية من مادة الفيتـامين « ب » ، أكتشاف ذرات كبريت فى هذهالمادة · ولم يكن ذلك باكتشاف غير مسبوق حيث كان معلوما أن ذرات الكبريت موجودة فى معظم جزيئات البروتين ، ولكنها كانت الأقل شيوعا من بين أنواع الذرات الخمس الموجودة غالبا فى جزيئات الخـلايا الحيـة وهى ذرات الـكربون والهيـدروجين والأكسـجين والنتروجين فضلا عن الكبريت · واثر ذلك الاكتشاف أطلق على الفيتامين « ب » أسم « ثيامين » (thiamin) حيث ان الجزء الأول من الكلمة « thi » مستمد من اللفظ اليونانى « theion » ويعنى عنصر الكبريت ·

وأخيرا ، وفى عام ١٩٣٤ ، نجح الكيميائى الأمريكى روبرت رونلز ويليامز (١٨٨٦ ــ ١٩٦٥) وزملاؤه فى تطوير طريقة تنقية الثيامين لدرجة الحصـول عـلى عينـة نقية تماما ، غير أنهم لم يستخرجوا بهـذه الطريقة سـوى خمسـة جـرامات ثيامين من طن كامل من قشر الأرز غـير المضروب ·

ومع ذلك فقـد أمكن التعرف بدقة عـلى البنية الذرية للفيتامين « ب » · وللتأكد من صحة هـذه النتـائج أحضر ويليامز مركبات بسيطة معلومة البنية ، وعمل على دمجهـا بواسطة تفاعلات كيميائية ذات نتائج معروفة ، وتوصل الى تخليق مادة ينبغى ــ لو كانت التحاليل سليمة ــ أن يتطابق تركيبها مع جزىء الثيـامين · وقد تطابق بالفعـل المركب الصناعى مع جزىء الثيامين، حيث ثبت أن له نفس الخصائص الكيميائية ، ونفس التأثير الوقائى والعلاجى بالنسبة لمرض البرى برى ·

ويحتوى جزىء الثيامين على حلقتين من الذرات يربط بينهما جسر من ذرة واحدة · وتتصل بكل حلقـة سـلسلة

جانبية صغيرة من الذرات • غير اننا نود بصفة خاصة تسليط الضوء على هاتين الحلقتين •

تعد حلقات الذرات من التركيبات الشائعة فى المركبات العضوية ، وهى تتكون على الأرجح من خمس أو ست ذرات• وغالبا ما تكون الذرات الخمس او الست كلها فى الحلقة ذرات كربون ، ولكن قد يتصادف أن تكون واحدة أو اثنتان من ذرات الحلقة من عنصر النيتروجين أو الأكسجين أو الكبريت • وتوصف الحلقات التي تحتوى على ذرات غير الكربون بأنها « حلقية متغايرة » (heterocyclic) •

وتنتمي كلتا الحلقتين فى جزىء الثيامين لهذا النوع الحلقي المتغاير ، حيث تحتوى الحلقة الأولى على ست ذرات منها اثنتان نيتروجين ، بينما تحتوى الحلقة الثانية على خمس ذرات منها واحدة نيتروجين وأخرى كبريت •

وكان الكيميائيون قد اكتشفوا أثناء محاولات تنقية مادة الفيتامين « ب » نواتج جزئية تتسم فيما يبدو بقيمة غذائية مهمة ، ومع ذلك ليس لها تأثير على مرض البرى برى•

ويعد الحصاف من الأمراض الناجمة عن نقص التغذية، ومن أبرز أعراضه جفاف الجلد وتشققه • وقد ثبتت بشكل حاسم عام ١٩١٥ علاقة هذا المرض بالنظام الغذائى ، ويرجع الفضل فى ذلك الى الفيزيائى الأمريكى النمساوى الأصل جوزيف جولد برجر (١٨٧٤ — ١٩٢٩) •

وكانت المعلومات بشأن الفيتامينات قد توافرت فى ذلك الوقت بدرجة تسمح بأن تبدأ على الفور الأبحاث حول تأثير النواتج الجزئية النقية كعنصر غذائى مضاد لمرض الحصاف• وقد بدا فى مطلع الأمر أن العناصر الشافية لمرض البرى برى يمكنها أيضا أن تبرىء مرضى الحصاف ، ولكن مع تحليل هذه النواتج الجزئية تبين أنها غير نقية بدرجة كافية بما يعزى

الى احتمال وجود أكثر من نوع من الفيتامينات فى هـــذه النواتج ٠

وفى عام ١٩٢٦ نجح العلماء فى تخليص المركب المركز من التأثير المضاد للبرى برى ، وذلك بتسخينه الى درجة حرارة عالية دون المساس بالتأثير المضاد للحصاف ٠ ويتبدى من هذه النتيجة أن المركب يتكون من نوعين من الفيتامينات ، أحدهما مكون من جزيئات أكثر مقاومة للحرارة (ومن ثم أبسط فى تركيبتها) من مثيلتها فى الفيتامين الآخر ٠

وفي عام ١٩٣٨ ، بدأ الكيميـائى الأمريكى كونراد أرنولد ألفهايم (١٩٠١ ــ ١٩٦٢) سـلسلة من الأبحـاث أوصلته الى محاولة استخدام عنصر بسيط لعلاج الكلاب من مرض «اللسان الاسود» ، وهو مرض شديد الشبه بالحصاف ٠ وتبين أن جرعة واحـدة دقيقة كانت كافيـة لاحداث تحسن سريع وملمـوس فى حالة الـكلاب ٠ لا شـك أنه اذن هـو الفيتامين ٠

وكانت جزيئات هذا العنصر مكونة من حلقـة واحـدة بهـا ست ذرات (خمس ذرات كربون وذرة نيتروجين) ، ومتصل بها عدد من ذرات الهيدروجين ، علاوة على مجموعة حمضية كربونية صغيرة واحدة ٠ وكان قد تم عزل هـذا العنصر لأول مرة من الخلايا الحية فى عام ١٩١٢ ، دون علم بالطبـع بخاصـيته الفيتامينيـة ٠ وكان كيميـائى يدعى ك ٠ هوبر قد نجـح قبـل ذلك بكثير ، فى عام ١٨٦٧ ، من تحضيره معمليا ٠

بدأ هوبر أبحاثه باستخدام النيكوتين الموجود فى التبغ ٠ ويتكون جزىء النيـكوتين من حلقتين مغايرتين ، تتـكون احداهما من خمس ذرات والأخرى من ست ذرات ٠ وكانت واحدة من ذرات احدى الحلقتين متحدة مع ذرة فى الحلقـة الأخرى ٠ وقد عمل هوبر على تدمير الحلقة المكونة من خمس ذرات ، تاركا ذرة الكربون المتحدة مع الحلقـة الأخـرى ،

ومحولا تلك الذرة الى مجموعة حمضية ، وأطلق عـلى ذلك المركب اسم « الحمض النيكوتينى » ٠

وعندما يتعرض مركب عضوى لتغير جوهرى ، فليست هناك بالضرورة أية علاقة بين خصـائص المركب النـاتج والعنصر الأصلى ٠ واذا كان النيكوتين عنصرا شديد السمية، فان الحمض النيكوتيني يعد نسبيا خاليـا من الأضرار ٠ والواقع أن نسبة ضئيلة للغاية منه تعتبر أساسية للحياة ٠ وما الحمض النيكوتينى الذى حضره هوبر الا المركب الذى أثبت ألفهايم أنه الفيتامين المضاد للحصاف ٠

وخشية أن يقع العامة فى خطأ الخلط بين النيـكوتين والحمض النيكوتينى ، فيندفعوا الى التـدخين أو الى زيادة معدلة سعيا الى الوقاية من الحصاف ، لجأ الفيزيائيـون الى اطـلاق اسـم مختصر « لفيتـامين الحمض النيـكوتينى » (nicotinic acid vitamin) حيث اسـتخدموا أول حرفين فى كل من الكلمة الأولى والثانيـة وآخر حرفين فى الكلمة الثالثـة فأصبح الاسـم « نياسـين » ، وهـذا هو الاسم الشائع حاليا لذلك الفيتامين ٠

وقد أسفرت نفس الطرق ، التى أدت الى عزل المركبات المركزة المحتوية على الثيامين والنياسين ، عن انتاج كميـات صغيرة من عناصر أخرى تعد ضرورية للحياة ٠

وواصل علماء التغذية والكيمياء الحيوية أبحاثهم عـلى الفئران وحيوانات التجارب الأخرى حيث كانوا يطعمونهـا بأغذية نقية خاصة لا تحتـوى الا عـلى الفيتامينات المعروفة والمواد غير العضوية ، وعنـدما تظهر عـلى الحيـوانات أية أعراض غير طبيعية كانوا يحاولون ايجاد الغذاء الذى يصلح من ذلك الخلل ، ثم يبحثون فى هذا الغذاء عن المركب الذى يمكن أن يكون الفيتامين المنشود ٠

ومع الوقت ، أظهرت عملية استخراج الفيتامين « ب »

من الأغذية وجود عائلة كاملة من المركبات القريبة من بعضها وكلها قابل للذوبان فى الماء ، وكلها يحتوى على حلقات مغايرة ، وكلها ضرورية للحياة ولكن بكميات ضئيلة للغاية · وأطلق على هذه العائلة اسم « فيتامين ب المركب » · وقبل التوصل الى تحديد طبيعة الجزيئات عرفت عناصر هذه العائلة « بفيتامين ب١ » و « فيتامين ب٢ » وهلم جرا حتى « فيتامين ب١٤ » ·

وقد أظهرت الأبحاث بعد ذلك قلة فائدة معظم عناصر هذه العائلة ، ولكن ظل الفيتامين ب١ هو الثيامين بالطبع · وقد أصبح الفيتامين «ب٢» معروفا الآن باسم «ريبوفلافين» (Riboflavin) والفيتامين « ب ٦ » باسم «بيريدوكسين » (Pyridoxin) والفيتامين « ب١٢ » باسم « سيانوكوبالامين » (cyanocobalamin) ، وان كان اسم فيتامين « ب ١٢ » هو الأكثر شيوعا نظرا لصعوبة الاسم الكيميائى · وثمة عناصر من عائلة الفيتامين ب المركب ليست مسماه باسم الفيتامين المرقم ، وانما هى معروفة باسمها الكيميائى فقط مثل النياسين والبايوتين (biotin) وحمض الفوليك (folic acid) وحمض البانتوثينيك (Pantothenic acid) .

ولا تنتمى بالطبع كل الفيتامينات لعائلة الفيتامين ب، نظرا لاختلاف التركيبة الذرية · فالفيتامين « جـ » مثلا ليس من أعضاء هذه العائلة رغم أنه قابل للذوبان فى الماء ، فهو لا يحتوى على ذرات نيتروجين فى جزيئاته على عكس كل أعضاء العائلة ·

ولا شك أن أى فيتامين من الفئة القابلة للذوبان فى الدهون لا يندرج ، بسبب هذه الخاصية على وجه التحديد ، فى قائمة الفيتامين ب ، فضلا عن أن كل فيتامينات هذه الفئة لا تحتوى على ذرات نيتروجين · وعلاوة على الفيتامين « أ » والفيتامين « د » تتضمن هذه الفئة الفيتامين « E » و « K » ·

(وفيما يتعلق بالأحرف فيما بين الـ «E» والـ «K» فقـد اتضح أن الفيتامين «F» عـديم الفـائد • بينما انطبق الفيتامين «G» مع الريبوفلافين والفيتامين «H» مع البايوتين وهما من أعضاء عائلة الفيتامين «ب» • أما عن عدم خضوع اسم الفيتامين «K» للتسلسل الهجائى الأجنبى فذلك يرجـع الى صـلته بآلية تجلط الدم المعـروفة فى الألمانيـة باسـم Koagulation • ولمـا كان الألمان هم مكتشفى ذلك الفيتامين فقد أطلقوا عليه فيتامين «K») •

والآن ، وبعد أن صارت تركيبات الفيتامينات معروفة وأنتجت كل هذه الفيتامينات صناعيا ، أصبح بوسع الانسان أن يأكل ما شاء له من الأطعمة مع اضافة نخبة من أقراص أو كبسـولات الفيتامينات فيـكون آمنـا ، لا يخشى الاصـابة بالاسـقربوط والبرى برى أو الحصـاف أو غـير ذلك من الأمراض الناجمة عن نقص الأغذية •

غير أن بعض الناس ذهبوا الى المبالغة فى تناول كميـات الفيتامين اعتقادا منهم بأن ذلك يمنحهم مزيدا من الوقاية ضد الأمراض غـير المحسـوسة ، والتى قد تتراكم وتتفاقم أعراضها مع الزمن ، وهذا اعتقاد نتشكك فى صحته • صحيح أن الجسم لا يحتفظ فيما يبدو بالفيتامينات القابلة للذوبان فى المـاء ، ولذلك فانه يفرز عن طريق الكلى أية زيادة عن حاجته منها ، وبالتالى لا نرى جدوى أن يتناول الانسان كمية كبيرة من هذه الأقراص، فلن يجنى منها الا اثراء بوله • وربما كان الاستثناء الوحيد لذلك هو الفيتامين « جـ » ، حيث يقال انه لا ضرر من تناول كميات كبيرة منه ، فهو مفيد لمقـاومة نزلات البردبل وله بعض التأثير فى تحسين حالات السرطان، ويؤيد ذلك الكيميائى الأمريكى الشـهير لينوس باولينج (١٩٠١ ـ) الذى يؤكد أيضا أن فائض الفيتامين « جـ » لا يلفظه الجسم عن طريق الكلى •

لكن الأمر يختلف بالنسبه للفيتامينات القابلة للذوبان فى الدهون ، فليس بوسع الجسم أن يتخلص منهـا بسـهولة ومن ثم فهى تتراكم ، ولو زادت عن حد معين قد تكون لهـا نتائج ضارة ، وقد يؤدى تناول كميات كبيرة من الفيتامين «أ» والفيتامين « د » الى الاصابة بالتسمم ٠

وتختزن الأسماك والحيوانات آكلة الأسماك كميات من الفيتامين « أ » و « د » تفوق بكثير الحد الآمن لدى حيوانات أخرى ٠ ويفسر ذلك سبب معاناة بعض الناس ـ قبل تصنيع أقراص الفيتامين ـ وتحول حياتهم الى جحيم نتيجة تنـاول زيت كبد الأسماك بانتظام ٠

وسوف نتناول فى الباب القادم أكثر هذه الفيتامينات غرابة ٠

الفصـــل الثـــامن

العنصر الشيطاني

من عيوبي التي أعترف بها ، بل وأصر عليها ، انني في بعض الأمور أعد قرويا بدرجة غريبة ، فرغم ولعي باللغة الانجليزية لم أستطع الاعتياد على النطق والهجاء البريطانيين، فالانجليز يميلون الى مد نطقهم لبعض الكلمات حيث يقولون مثـــلا « revolution » أو « deefecate » بمد حرف الـ « e » وأنا أميل عدم الاطالة ، ويقولون كذلك : « Shedule » بدلا من « Schedule » بحذف حرف الـ « C » ، وكلمات أخرى كثيرة لدرجة انى أشعر فى بعض الأحيان بالرغبة فى أن أعلن على الملأ أنه ، اذا لم يكن بوسع البريطانيين الالتزام بالنطق والهجاء الأمريكيين، فليبحثوا لهم عن لغة أخرى ·

أقول ذلك الآن لأنى كنت أريد أن أعرف متى استخدم لفظ « anemia » لأول مرة فى الطب ، فتناولت كتـــابا من مكتبتى وبحثت فيه عن ذلك اللفظ بهجائه a-n-e-m-i-a ولكنى لم أجده ، فدهشت · ان لفظ أنيميا شـــائع جدا فى الطب والكتاب الذى أبحث فيه متخصص أصلا فى المصطلحات الطبية ، فكيف يغيب عنه ذلك اللفظ ؟

وبحثت مرة ثانية وثالثة بلا جدوى · ثم خطر لى خاطر، فنظرت فى صفحة العنوان فوجدت الناشر أمريكيا لكن المؤلف كندى ، ففهمت ، وبحثت عن الكلمة بهجاء « anaemia » ووجدتها · ولا يمكن لانسان أن يتصور كم كنت قريبـــا فى هذه اللحظة من رمى الكتاب من النافذة ، ولولا أنه نفعنى فى مناسبات عديدة سابقة لما استمر على أرفف مكتبتى ·

وكلمة « أنيميا » مسـتمدة من لفظ يـونانى بمعنى « لا دم » حيث أن حرف الـ « a » في بداية الكلمة (أو « an » اذ تلاها حرف متحرك) تعنى النفى وبقية الكلمة مصدرها باليونانية لفظ « haima » أى الدم مع نطق الـ « ai » كما لو كا « i » ممدودة ٠

أما الرومان الذين نقل عنهم الانجليز ، فهم يستخدمون فى هجاء الكلمة « ae » بدلا من « ai » (مع نفس النطق) وبـ أصبحت كلمة أنيميا تكتب « anaemia » بدلا من « anaemia »

لكن الانجليز ينطقون الـ « ae » مثل الـ « e » المطولة ٠ وأ أن هناك من وجد أن استخدام الـ « e » فقط يفى بالغـرض فجاء الهجاء على النحو المستخدم « anemia » غير البريطانيين ظلوا يكتبونها وبالمثل نحن نكتب « hemoglobin » « hemorrhage » « hemotology » « hemophilia » و « hemorrhoid » بينما هم يضيفون دائما حرف الـ « a » فى كل كلمة ٠ وبما أن السماء عادلة فأنا واثق بأنها ستكون فى صفى فى هذا الأمر ٠

لا شك أنهم سيغيرون الهجاء عند نشر هـذه المقالة فى بريطانيا العظمى ليناسب ذوقهم ، لكنى غير مسئول عن أية تبعات قد تترتب على ذلك !

★★★

وقد استخدمت كلمـة أنيميا فى الطب لأول مرة فيما يبدو عام ١٨٢٩ ، لوصف مختلف حالات الخلل فى الدم أو على الأقل مسألة اللون الأحمر حيث كان المريض يبدو شاحبا بدرجة ملفتة ٠

ويعـد « الهيموجلوبين » العنصر المسـئول عن اللـون الأحمر فى الدم ، وهـو موجـود فى كرات الدم الحمراء ٠

ويحتوى الهيموجلوبين على ذرات الحديد ، وذرات الحديد ليست بالشيء الذى يمكن للجسم أن يكتسبه بسهولة من الأغذية • ومن طبيعة الجسم أنه يحتفظ جيدا بما لديه من حديد ، بحيث يتعرض الانسان لمشكلة حقيقية فى تعويض الحديد لو فقد قدرا كبيرا من الدم لأى سبب من الأسباب •

وتعانى النساء الشابات بصفة خاصة من هذه المشكلة نتيجة ما يفقدنه من دم فى الدورات الشهرية •

غير أن الاصابة بالانيميا قد تعزى الى أسباب عديدة أخرى ، حيث من الوارد أن يخفق الجسم بأشكال مختلفة فى انتاج كرات الدم الحمراء ، حتى لو لم يكن هناك خلل فى حصول الجسم على الحديد • ومن شأن بعض أنواع الأنيميا أن تؤدى الى عواقب خطيرة ومتباينة •

ويقودنا ذلك الى الحديث عن الفيزيائى البريطانى توماس أديسون (١٧٩٣ ــ ١٨٦٠) الذى يحظى اسمه الآن بشهرة لم ينلها فى حياته ، وذلك لأنه شخص فى عام ١٨٥٥ مرضا خطيرا من أعراضه ضمور الغلاف الخارجى للغدة الكظرية نتيجة نقص افراز الهرمونات ، ومازال هذا الداء معروفا باسم « مرض أديسون » •

وكان قبل ذلك قد نشر فى عام ١٨٤٩ وصفا دقيقا لواحد من أشكال الأنيميا يتسم بخطورة شديدة وبدرجة مقاومة كبيرة للعلاج • وأطلق على هذا المرض فى البداية « أنيميا أديسون » ، لكن لما فشلت كل سبل العلاج وصار الموت هو النهاية الحتمية للمصابين به ، تغير الاسم الى « برنيشيوس أنيميا » وتعنى كلمة « برينشيوس » فى اللغة اللاتينية «مميت» ، ويقصد بهذا المرض «فقر الدم الخبيث» •

ومع حلول القرن العشرين ، كان العلماء قد اهتدوا الى الفيتامينات ، وأصبح أى مرض غير معد موضع دراسة لبحث علاقته بالفيتامينات • وكان فقر الدم الخبيث من بين هذه الأمراض • وجاءت أول معلومة بشأنه بشكل غير مباشر •

كان أحد الفيزياثيين الآمريكيين ويدعى جورج هويت ويبل (١٨٧٨ ـ ١٩٧٦) يدرس الصبغة المرارية الناجمة عن تفتت الهيموجلوبين ٠

ويحتوى جزيء الهيموجلوبين عـلى جزء غير بروتيني يسمى هيماتين ، وهذا الجزء مكون من حلقة كبيرة مشـكلة من أربع حلقات صـغيرة وتوجد ذرة حـديد فى مركزها ، ويتخلص الجسم من فائض الهيماتين بكسر الحلقة الـكبيرة مع الاحتفاظ بذرة الحديد لاستعمالها مستقبلا ٠ وتتحـول هذه الحلقة المكسورة الى صبغة يلفظها الجسم ٠

وعندما أراد ويبل أن يتعمق فى فهم طبيعة هذه الصبغة فكـر فى عام ١٩٧١ أن يدرس بالتفصـيل دورة حيـاة الهيموجلوبين ٠ وتتلخص فكرته فى سحب الدم من عدد من كلاب التجارب حتى تصاب بالأنيميا ، ثم يحـاول تجـربة أنواع مختلفة من الأغذية ليرى أيهـا أسرع فى اعادة بنـاء العدد الطبيعى من كرات الدم الحمراء ٠

واكتشف ويبل أن الكبد يفوق أى نوع آخر من الأغذية من حيث سرعة تعويض الهيماتين وكرات الدم الحمراء ٠ ولا غرابة فى ذلك ، فقد اتضح فيما بعد أن الكبد يعد بحق المصنع الكيميـائى للجسـم ، ولذلك فهو غنى بالفيتامينات وبالمواد المعدنية ومنها الحديد ٠ وعلى ذلك فلو شاء المرء أن يتناول وجبة ذات قيمة غذائية كبيرة فلن يجد أفضـل من الكبـد ٠

ولم تكن أبحاث ويبل موجهة صوب «فقر الدم الخبيث»، لكن البعض فكر فى استغلال نتائجه فى هذا الاتجاه ٠

كان هذا النوع من الأنيميا محيرا للغاية ، فلو كان ناجما عن نقص فى الفيتامينات لماذا لا يصاب به الا مثـل هـذا العدد الضئيل ؟ وكيف يتأتى ألا يكون هنـاك أى شىء غـير

متوازن فى غذاء من يعانى من هذا المرض ؟ ثم كيف يفسر أن يصاب به البعض دون الآخر ممن يتبعون نفس النظام الغذائى ؟

ولعلنا ننظر الى المسألة من زاوية أخرى . فالجسم البشرى ينتج من بين الافرازات المعدية حامض الهيدروكلوريك بتركيز قوى ، ولذلك تعتبر العصارة المعدية أكثر محلول حمضى فى الجسم مما يساعد على الهضم . (ويبلغ من درجة حموضة العصارة المعدية أن علماء الكيمياء الحيوية يجدون صعوبة فى تفسير قدرة الغشاء المعدى على تحمل هذا الوسط بشكل مستديم ـ وأحيانا تنهار هذه القدرة ، ويشهد بذلك المصابون بقرحة المعدة) .

ولاحظ الأطباء أن المصابين بهذا النوع من الأنيميا المميتة يعانون كلهم من نقص افراز حامض الهيدروكلوريك ، فبعث ذلك على التساؤل ألا يمكن أن يعزى هذا الداء الى خلل فى الهضم أو الامتصاص ؟ ألا يمكن أن يكون الفيتامين موجودا فى الغذاء ولا يستطيع المريض الاستفادة منه ؟ ولو صح ذلك ماذا سيحدث لو تناول المريض كميات أكبر من الفيتامين بحيث يستفيد المريض ولو بأقل القليل مما قد يتسرب منه ؟

كان هذا هو المنطق الذى فكر به الطبيب الأمريكى جورج ريتشاردز مينوت (١٨٨٥ ـ ١٩٥٠) وزميله وليم بارى ميرفى (١٨٩٢ ـ   ) . وفى عام ١٩٢٤ ، وبعد أن انبهر مينوت بما توصل اليه ويبل من نتائج بشأن فعالية الكبد فى علاج الكلاب المصابة بالأنيميا ، قرر تجربة الكبد كغذاء لمرضى الأنيميا الخبيثة ،فبدأ يطعمهم بها بكميات كبيرة . ونجحت التجربة ! فلم يتوقف تدهور المرضى فحسب، بل بدأت حالتهم تتحسن .

كانت النتيجة ايجابية لدرجة ان اقتسم ويبل ومينوت وميرفى فى عام ١٩٣٤ جائـزة نـوبل فى الفسـيولوجيا والطب ·

أما التشـكك بشأن وجود عامل خارجي هو الفيتامين ، وعامل داخلى يتمثل فى القدرة على الاستفادة منـه ، فقـد اقترب فى عام ١٩٣٦ من حد اليقين بفضل أبحاث الطبيب الأمريكى وليم كاسـل (١٨٩٧ ــ) ، الذى أثبت أن هناك « عاملا داخليا » يساعد على امتصاص الفيتامين ·

وتبين فيما بعـد أن هـذا « العـامل الداخلى » هـو الجليكوبروتين (جزىء بروتين يحتـوى عـلى عنصر معقد يشبه السكر)، حيث لابد أن يمتزج مع الفيتامين كى يمتص· ولما كان المقدار المطلوب من الفيتامين ضئيلا للغاية فالمشكلة دائما تكمن فى نقص الجليكوبروتين · وحتى لو لم يكن هذا المقدار الضئيل من الفيتامين موجودا فى الغذاء ــ وهـذا أمر مستبعد ــ فان البكتريا الموجـودة فى الأمعـاء تكـونه بكمية كافية (مثلما تكون بعض أنواع الفيتامين الأخـرى أيضا) · ومما يؤكد تلك النتيجة أن تحليل براز المريض بالانيميا الخبيثة أثبت أنه غنى بذلك الفيتامين الذى من شأنه أن ينقذ المريض من الموت ·

لكن العلاج بأكل الكبد له عيب كبير ، وهو ضرورة أن يلتزم المريض بأكل كميات كبيرة منه مدى الحياة · صحيح أن ذلك أفضل من الموت ، ولكن مع مرور الوقت ألا يأتى يوم يشعر فيه المريض بأن ذلك المصير هو أسوأ من الموت ! لا شك ان الأسلم هو محاولة استخراج الفيتامين من الكبد ·

وبدأ عالم الكيمياء الحيوية الأمريكى ادوين جوزيف كون (١٨٩٢ ــ١٩٥٣) أبحاثه فى هـذا الاتجاه · ولـكن لم يكن سـهلا ، فكلما قسم المستحضر الكبـدى الى جـزءين بالمعالجة الكيميائيـة ، لم يكن أمامه من وسـيلة لمعرفة أى

الجزءين يحتوى على الفيتامين الا بتجربتهما على المرضى ليرى أيهما يؤدى الى تحسن الحالة ، وكان ذلك بالطبع يستغرق وقتا طويلا ٠

وواصل « كون » أبحاثه لمدة ست سنوات (١٩٢٦ ـ ١٩٣٢) الى أن تمكن من انتاج مستحضر كبدى بالغ الفعالية فى علاج الأنيميا الخبيثة ، لكنه لم ينجح فى عزل الفيتامين نفسه ٠ غير أن هذا الهدف تحقق بأيدى الكيميائى الأمريكى كارل فولكرز (١٩٠٦ ـ) ٠

فى عام ١٩٤٨ ، توصل فولكرز وزملاؤه الى المفتاح . حيث اكتشف أن فيتامين الأنيميا الخبيثة ضرورى لنمو بعض أنواع البكتريا ، واذا لم تحصل عليه يتوقف نموها ٠ وذلك يعنى أن تجربة المستحضرات المتالية الناتجة عن المعالجة الكيميائية أصبحت تتم سريعا عن طريق مراقبة نمو البكتريا بدلا من مضايقة المرضى ٠ ومع كل تجربة يزداد المستحضر تركيزا ، ولم يكد يمضى عام حتى أمكن عزل بلورات حمراء هى الفيتامين ذاته وأطلق عليه « فيتامين ب١٢ » ٠

وبعد أن أصبح الفيتامين ب١٢ فى المتناول تبين أنه يتسم بعدة خصائص غريبة تبعث على الدهشة ٠ وأول هذه الخصائص أنه يتذيل قائمة الفيتامينات ب من حيث مقدار الجرعة اليومية التى يحتاجها الجسم ٠

وتقاس حاجة الانسان من شتى أنواع الفيتامين ب بالمليجرام حيث يحتاج الشخص البالغ ٢٠ مليجرام نياسين يوميا و ٢ ملجم بيريدوكسين و ١ر٧ ملجم ريبوفلافين و ١ر٤ ملجم ثيامين وهلم جرا ٠ ولعلنا نطرح تلك النسب بشكل آخر ، فالأونس (حوالى ٣٠ جراما) من النياسين يكفى الانسان لمدة أربع سنوات ، بينما يكفى الأونس من الثيامين الانسان لمدة ٥٥ عاما ٠

أما الجرعة اليومية المطلوبة من الفيتامين ب١٢ فهى

تناهز ٥ ميكروجرام للشخص البالغ • والميكروجرام هـو واحد من ألف من الملجم ، أى أن الآونس من ذلك الفيتـامين يكفى الانسان لمدة ١٥٥٢٣ سـنة !! أو يكفى حوالى ٢٢٠ شخصا مدى الحياة !! ألا يكون غريبـا حقا أن يعـانى أحد من نقص الفيتامين ب١٢ •

وتتمثـل الخاصـة الغريبـة الثانيـة فى أن جـزىء الفيتامين ب ١٢ يتميز بضخامة نسـبية غـير عادية ، فهـو مكون ، ما لم أكن مخطئا ، من ١٨١ ذرة ويبلغ وزنه الجزيئى ١٣٥٨ ، وهذا يجعل حجمه يساوى تقريبا أربعة أمثال حجم الأنواع الأخرى من الفيتامين ب •

وفى الـواقع ، يعـد جزىء الفيتامين ب١٢ من أضخم « جزيئات القطعة الواحدة » فى الخلايا الحية ، وهنا لابد أن نفهم معنى « جزىء القطعة الواحدة » •

هناك أنواع كثيرة من الجزيئات فى الخلايا تفوق جزىء الفيتامين ب١٢ حجما ، مثل جزيئـات النشـا والبروتينـات والحامض النووى وغيرها ، كما أنه يمكن فى المعمل تحضير جزيئات عملاقة مثل جزيئات الألياف والبلاستيك • غير أن مثل هذه الجزيئات العملاقة ، التى يبلغ وزنهـا الجـزيئى عشرات بل مئات الألوف ، تتكون من سـلاسل من وحـدات متماثلة أو حتى متطابقة • وهذه السـلاسل سهلة الـكسر والتحول الى وحدات مفردة • وتسمى المادة المكونة من مثـل هذه الجزيئات العملاقة « بوليمر » •

أما الفيتامين ب ١٢ فهو ليس بوليمر ، واذا تفتت فانه يتحول الى أجزاء غير متماثلة ولذلك يسمى «القطعة الواحدة» •

ولو تناول المرء أطعمة تحتـوى عـلى جزيئات النشـا والبروتين والحامض النـووى ، يصعب امتصـاص هـذه الجزيئات بهيئتها نظرا لكبر حجمها ، ولذلك فهى تنقسـم بسهولة الى وحداتها الصغيرة ثم تعود للاتحاد بعد أن يمتصها

الجسم • غير أن الآمر يختلف بالنسبة للفيتامين ب١٢ ؛ حيث ينبغى أن يمتص الجزىء كاملا رغم ضخامة حجمه ، ومن ثم فهو بحاجة الى العامل المساعد الداخلى ليتحد معه ، وبدونه يصبح المرء معرضا للاصابة بالانيميا الخبيثة •

وقد شكل الحجم الكبير لجزىء الفيتامين ب١٢ وتركيبته المعقدة صعوبة بالغة في التوصل الى تفاصيل بنيته • واستغرق الأمر ثمانى سنوات كاملة بعد عزله لبلوغ ذلك الهدف ، ويرجع الفضل فيه الى عالمة الكيمياء الحيوية دوروثى كراوفورد هودكين (١٩١٠ ــ) •

كانت دوروثى متخصصة فى دراسة النمط الانتشارى الناجم عن ارتداد الأشعة السينية اثر اصطدامها بالذرات • ويمكن بتحليل ذلك النمط الانتشارى معرفة وضع شتى الذرات فى الجزىء وبالتالى التوصل الى بنيته • وكلما كانت البنية معقدة كان النمط الانتشارى معقدا وازدادت صعوبة تحليله واستنتاج تركيبة الجزىء •

وقد استخدمت دوروثى هذه الطريقة لمعرفة تركيبة البنسلين مع الاستعانة بالكمبيوتر لحل المسألة • وكانت تلك هى المرة الأولى التى يستخدم فيها الكمبيوتر فى مجال الكيمياء الحيوية •

وطبقت العالمة البريطانية نفس النظرية على الفيتامين ب١٢ تكون الهيماتين ــ وهو عنصر أساسى فى الهيموجلوبين متواصل ، نجحت أخيرا فى حل المسألة تماما وأعلنت فى عام ١٩٥٦ التركيبة الدقيقة لـ ب١٢ واستحقت عن ذلك جائزة نوبل فى الكيمياء لعام ١٩٦٤ •

ولكى نفهم تركيبة الـ ب١٢ فلنرجع الى الهيماتين • ذكرنا آنفا ان جزىء الهيماتين يتكون من حلقة كبيرة مكونة من أربع حلقات صغيرة • وتتكون كل واحدة من الحلقات الصغيرة من خمس ذرات (أربع ذرات كربون وذرة نتروجين)

وهى متصلة ببعضها بجسور كل منها مكون من ذرة كربون واحدة • وتسمى مثل هذه التركيبة « حلقة بورفيرينية » •

ورغم ضخامة الحلقة البورفيرينية فانها تعد تركيبة ذرية بالغة الاستقرار ، وهى شائعة الوجود فى الطبيعة حيث تحتوى أنواع عديدة من الجزيئات على مثل هذه التركيبة • ويعزى ذلك الى امكان التصاق تآلفات ذرية صغيرة شتى (سلاسل جانبية) فى أى مكان مع الحلقة البورفيرينية • وكلما اختلفت تركيبات السلاسل الجانبية وتباينت أشكال اتصالها بالحلقة تكون مركب جديد •

ويتكون الهيماتين ــ وهو عنصر أساسى فى الهيموجلوبين ولا يستطيع الانسان العيش بدونه ــ من أحد هذه الاشكال مع وجود ذرة حديد فى مركز الحلقة •

وثمة صور عديدة للحياة لا تحتوى على الهيموجلوبين ، ولكن لا غنى لها عن البورفيرين الحديدى حيث ان هناك تركيبات منه تعرف باسم «سيتوكروم» ، ويتيح السيتوكروم للخلايا أن تستخدم جزيئات الأكسجين فى استخراج الطاقة من الجزيئات العضوية ، ولذلك يتحتم وجوده فى كل الخلايا التى تستخدم الأكسجين (وهى تشكل الغالبية العظمى من الخلايا الكائنة) •

ويعد الكلوروفيل أيضا أحد صور الحلقات البورفيرينية مع اختلاف طفيف فى مجموعة السلاسل الجانبية ، علاوة على وجود ذرة مغنيسيوم فى مركزها بدلا من ذرة الحديد • والكلوروفيل هو عنصر أساسى فى كل النباتات الخضراء (حيث يعزى اليه على وجه التحديد ذلك اللون الأخضر) ، وهو الذى يتيح للنباتات استخدام الطاقة الضوئية للشمس فى تكوين المركبات العضوية المعقدة التى يعتمد عليها عالم الحيوان بأسره (بما فيه الانسان) كمصدر للطاقة •

يتضح من ذلك أن المركبات البورفيرينية ذات ذرة

المغنيسيوم لها نفس درجة أهميــة البورفيرينات الحــديدية بالنسبة للغالبية العظمى من الخلايا ٠

وتتماثل تركيبة جزىء الـ ب ١٢ تقريبا مع البورفيرين، حيث تتألف الحلقة الكبيرة من أربع حلقات صــغيرة ، كمــا ذكرنا آنفا ، غير أن ثمة ثلاثة جسور فقط تربط الحلقات ببعضها ولا وجود للجسر الرابع ، وذلك يعنى أن اثنتين من الحلقات الأربع متصلتان ببعضهما بشكل مباشر ٠ وتســمى هذه التركيبة « حلقة كورينيــة » وتتسم بعــدم التماثل فى الشكل ٠

وتلتصق بالحلقة الكورينيــة مجمــوعة من الســلاسل الجانبية المعقــدة المتصلة بكل ذرة تقريبــا فى الحلقــة ٠ والأغرب من ذلك أن الذرة المركزية لا هى ذرة حديد ولا ذرة مغنيسيوم ٠ ولعلنا عند هذه المرحلة ننتقل الى جانب آخــــر من القصة ٠

حدث منذ بضعة قرون فى ألمانيا أن تعرض عمال مناجم النحاس لبعض الأذى ، اثر عثورهم على صخرة يميل لونهــا الى الزرقة وتشبه أحجار الملاكايت ، وظنوا أنهــا قد تكــون خام نحاس ٠ ولكن بمعالجتها لم تســفر عن النحــاس ، بل انبعثت منها أبخرة ضارة ، حيث كانت تحتوى عــلى نســبة زرنيخ ٠

وبشىء من الدعابة انتهى عمال المنجم الى أن الصخرة الزرقاء خام النحاس ولكن تســكنها روح شريرة ! ولما كان الفلكلور الألمانى يتضمن روحا شريرة اسمها « كوبولد » أطلق العمال هذا الاسم على الخام الزائف ٠

وبتحليل هذا الخام توصل الكيميائى الســويدى جورج برانت (١٦٩٤ ـ ١٧٦٨) فى عام ١٧٤٢ الى أن يستخرج منه أحد المعادن ولكنه لم يكن نحاسا ، بل كان يشبه الحديد الى حد كبير ، حتى انه كان يســتجب للمغنــاطس وان كان

بدرجة محدودة ، غير أنه لم يكن حديدا ، حيث لم يكن يصدأ ويكون تلك القشرة البنية الداكنة •

واحتفظ برانت بنفس الاسم الذى أطلقه الألمان على هذا المعدن مع تعديل طفيف في النطق حيث أسماه «كوبالت» •

ولقد تبين أن الكوبالت له أهمية كبيرة فى تركيب العديد من السبائك ، ولكن هل له أية علاقة بالخلايا الحية ؟

يشكل الماء الجانب الأعظم من محتوى الأنسجة الحية بصفة عامة ، ولكن لو تم تجفيف هذه الأنسجة يمكن تحليل مادتها • وتفيد نتائج التحاليل أن الكربون يشكل نحو نصف وزن المادة الجافة •

ويتفق ذلك مع المنطق ، فكل « المركبات العضوية » ـ التى تسمى بهذا الاسم لأنها فى الأصل متصلة بالأجهزة الحية ـ تتكون من جزيئات تحتوى على ذرات الكربون المتحدة مع الاكسجين والهيدروجين فضلا عن النيتروجين فى كثير من الأحيان • وتشكل هذه الأنواع الأربعة من الذرات حوالى ٨٨ر٥٪ من المادة الجافة للنسيج الحى •

وهناك أيضا قليل من الكبريت والفسفور فى البروتينات وكثير من الكالسيوم والفسفور فى العظام كما يوجد الصوديوم وأيونات الكلورين فى محلول الجسم وقليل من المغنيسيوم هنا وهناك ، علاوة طبعا على الحديد فى خلايا الدم الحمراء والسيتوكرومات •

ولو جمعنا كل ذلك نجد أن نسبته تزيد تماما على ٩٩٪ من وزن المادة الجافة بحيث يمكن بسهولة اهمال الجزء البسيط المتبقى •

ولكن عندما اهتدى العلماء الى الفيتامينات ، تبينوا ، مدى أهمية العناصر الطفيفة ، ومن ثم أليس من الوارد أن

تكون هناك بعض العناصر الضرورية للحياة بكميات بالغة الضآلة ؟ • في هذه الحالة فان تلك النسبة التي تقل عن ١٪ من وزن المادة الجافة قد تحتوى على كميات ضئيلة للغاية من مثل تلك العناصر الأساسية للحياة •

وعندما يأكل المرء فان جسمه يلتقط بعضا من كل العناصر الموجودة فى الطعام • ولا شك أن هناك بعض ذرات الذهب مثلا تسبح فى جسم الانسان ، ولكن ذلك لا يعنى أن الذهب يعد عنصرا أساسيا للأنسجة الحية ــ على حد علمنا حتى الآن !

ويزداد احتمال وجود « العناصر الطفيفة الأساسية » فى الجسم لو كانت موجودة دائما فى النفايات التى تلفظها الأنسجة • ويتعاظم ذلك الاحتمال لو أخضع أحد الحيوانات لنظام غذائى خال من ذلك العنصر وتعرض لمعاناة نتيجة لذلك • والأفضل من كل ذلك أن يثبت أن العنصر المعنى يشكل جزءا أساسيا فى جزىء معروف أنه ضرورى للحياة بكميات طفيفة •

وفى منتصف العشرينات اكتشف وجود عنصر الكوبالت فى رماد الأنسجة الحية بعد حرقها ، ولكن ساد اعتقاد لعشر سنوات تالية أنه كان موجودا من قبيل الصدفة كنوع من التلوث •

ولكن حدث فى عام ١٩٣٤ أن أصيبت الخراف فى أماكن عديدة من العالم بنوع من الأنيميا لم تجد معه اضافة مركبات الحديد الى غذائها •

غير أن الخراف شفيت بعد أن أضيف الى الغذاء مستحضر خال من الحديد، ومستخرج من مادة معدنية اسمها ليمونايت • وحلل العلماء ذلك المستحضر بدقة الى عناصر شتى وأضافوها فى صورة نقية ، العنصر تلو الآخر ، الى غذاء الخراف الى أن اكتشفوا أن كلوريد الكوبالت هو سر الشفاء • يبدو اذن أن

الكوبالت عنصر آساسى لحياة الغنم ، وقد اتضح فيما بعد أن ذلك ينطبق على الماشية أيضا ٠

ولما كان الغنم والماشية حيوانات اجترارية فقد يكون الكوبالت مفيدا فى حالتها وغير مفيد بالنسبة للكائنات الحية الأخرى غير الاجترارية (مثل الانسان) ٠

ولكن عندما اكتشفت تركيبة الفيتامين ب١٢ ، وثبت وجود ذرة الكوبالت فى مركز الحلقة الكورينية ، وعرف أن جزىء الـ ب١٢ لا يصلح بدون هذهالذرة ، وبما أن الكائنات الحية لا يمكن أن تعيش بدون الـ ب١٢ ، يتضح أن الكوبالت عنصر ضرورى ، للحياة لكن بكميات متناهية الضآلة ٠

وتجدرالاشارة الى أن هناك ذرات سيانيد تشكل مجموعة متصلة مع الكوبالت ، غير أنها ملتصقة به بدرجة لا تسفر عن أى أذى ، وبكمية ضئيلة لدرجة لا تسبب أى ضرر ، ولذلك يطلق حاليا على الـ ب١٢ « سيانوكوبالامين » ٠

وسوف نتناول فى الفصل التالى كيف أن الأشياء قد تكون ضرورية بمثل هذه الكميات الضئيلة ولا يمكن الاستغناء عنها ٠

الفصــل التاسع

قليل من مواد التخمير

جلست ذات يوم ابنتى روبن الشقراء الجميلة ذات العيون الزرقاء ، والتى تعمل فى مجال الطب النفسى الاجتماعى ، مع زميلة لطيفة لها وقررتا كتابة مذكرة ملتهبة تستنكران فيها بعض التصرفات والممارسات التى تعتبرانها مشينة ٠

وتنــاولتا ورقا وأقلاما (وهــذا أيسر ما فى الأمر) وأخذتا تفكران وتبحثان عن الـكلام ٠ ومرت الدقائق دون أن يرد الى ذهنهما شىء ســوى بعض المقـــدمات الركيكة ٠ وفجأة ألقت روبن بقلمها فى سخط وقالت : « هــل تصدقين أنى ابنة أبى ؟ » !

وعندما حكت لى مساء ما حدث ضحكت ، لأنه كان هناك بالفعل تشكك كبير حــول هــذا الأمر عنــدما كانت طفلة صغيرة ٠ وتتلخص القصة كما ترويها زوجتى الشكاكة فى أن روبن تبــدلت بطــريق الخطأ فى المســتشفى مع ابنتى الحقيقية ٠ (وأنا حاليا على يقين تام بأن ذلك ليس حقيقيا، لأنه ظهر عــلى روبن مع مرور الــوقت المــلامح العظيموفية الأكيدة !)

ومع ذلك ، فعندما شاهدت مجموعة من أصدقائى فتاة شقراء صغيرة تشبه الصورة التى رسمها جون تينيل للطفلة « أليس » فى قصة « أليس فى بلاد العجائب » ، وكانت تلعب دورا على المسرح فى مدرستها ، رمقونى بنظرة حيرة وازدراء كأن يريدون سؤالى : « هل أنت متــأكد من أن المستشفى لم تعطك الطفلة الأخرى ؟ » ٠

ولو كانوا قد طرحوا هـذا السـؤال لكنت احتضنتها ، باسطا عليها جناح حمايتى وأجبتهم : « لا بأس ، سـأحتفظ بهذه ! » ٠

ورويت لروبن هذه القصة ، وقلت لها انها لو سمعت كل التعليقات من هذا القبيل لوجدتها فرصة لتردد واحـدة من حكايات الأطفال المشهورة ، بأن أهلهـا ليسـوا أهلهـا الحقيقيين، وأن أهلها من سلالة الأسرة المالكة ولكنهم تعرضوا للاختطاف الى آخر هذه الأوهام ٠

غير أن روبن ردت باحتجاج قائلة : «أبدا ! لم يساورنى مطلقا أى شك فى أنكم ، أنت وأمى ، أهلى » ٠

سعدت بالطبع بهذا الرد ، فنحن ، روبن وأنا ، لدينـا احساس قوى بالـواجب ، وكنت سـأفى بالتزاماتى الأبوية تجاهها بكل اخلاص حتى لو لم أكن أحبها ، وأنا عـلى ثقة من أنها كانت ستفعل نفس الشىء ٠ غـير أننـا فى الواقع تربطنا علاقة حب قوية تجعل من هذه الواجبات مبعث سعادة بالغة لنا ٠

وينسحب نفس الشىء لا اراديا عـلى مقـالاتى العلمية ٠ فبما أنى قد وعدت مجلة « F & SF » (الابداع والخيال العلمى) بتزويدها بمقال فى كل عدد فلابد من التزامى بذلك مهما كلفنى من عناء ٠ الا أنى فى حقيقة الأمر أسعد بهذه المسألة لدرجة أنى أنتظرها من الشهر للشهر بابتسامة على وجهى ٠ وفى الواقع ، لو كانت هناك مشـكلة فهى تتمثـل فى أنى لا أكتب سوى ١٢ مقالة فقط فى السنة ٠

★★★

تحدثنا فى الفصول الثلاثة السابقة عن الفيتامينات ، وقد يبدو للقارىء اننا بصدد تغيير الموضوع ، ولكن سرعان ما سيدرك أن التغير ظاهرى فقط ٠

اكتشف الناس فيما قبل التاريخ وجود القمح ، وعندما قاموا بتسخين السنابل ثم بلهـا حتى تكون عجينـا ، ثم هرسوها وفردوها حصلوا على مادة غذائية بكميات وفيرة • ويقتضى بالطبع آكل مثل هذه « البسكويتات الصلبة » أسنانا قوية وقدرة جيدة على الهضم ، علاوة عـلى درجة كبيرة من القناعة وصرف النفس عن الأغذية الشهية الأخرى •

ثم اكتشف فى مصر القديمة ، نحـو عام ٣٥٠٠ قبـل الميلاد ، نوع من القمح ينفصل بسهولة عن قشوره (بعملية الدرس) دون الحاجة لتسخين شـديد • وعند طحن هـذا الدقيق وبله وعجنه لم يبق مسطحا يابسا وانما بدأ ينتفخ ذاتيـا •

ومن غير المستبعد أن يكون الناس قد فكروا فى عـدم الاستفادة من مثل تلك المادة الفاسـدة ! ولـكن تحت وطأة نقص الحبوب قد يكونون قد جربوا خبز تلك المادة المنتفخة فكانت النتيجة أن حصلوا على خبز طـرى اسـفنجى مسامى لا يدانيه شىء فى الطعم والقوام • فما الذى حدث لهذه المادة ؟

يمتلىء الجو (كما نعلم اليـوم) بخلايا الخميرة التى تسبح مع عدد لا حصر له من نوعيـات البـذور والحبـوب لأجسام دقيقة وفطريات ونبـاتات ، وتختلط الخـلايا مع القمح المهروس وتتفاعل مع مركباته وتكون ثانى أكسـيد الكربون وكحول •

ولو تعرض القمح لتسخين شـديد فان درجة الحـرارة العالية لا تتيح بقاء خلايا الخميرة • ومرة ثانية لو تم بل القمح بعد التسخين وهرسه وفرده ثم تسخينه مرة أخـرى فانه يكتسب صلابة لا تتيح أيضا بقاء خلايا الخميرة فيه • ولو كانت الحبوب لمادة أخرى غير الدقيق ، فحتى لو عاشت خلايا الخميرة فيها فان الفقاعات المتكونة نتيجة التخمر تتسرب من الحبوب تاركة علامات دقيقة • ويتميز الدقيق دون سواه بأنه لو لم يتعرض لتسخين شـديد وترك بعض الـوقت فان

أبخرة ثانى أكسيد الكربون والكحول لا تتسرب ، بل تمتزج مع مادة بروتينية لزجة تسمى « جلوتين » • وعندما يخبز الجلوتين فانه يتمدد دون أن يتفكك ويكون فقاعات صغيرة مملوءة بالهواء • وخلال عملية الخبيز تقتل خلايا الخميرة ويجف بخار ثانى أكسيد الكربون والكحول ولكن تبقى الفقاعات أو المسام •

وكان الخبازون يضطرون فى بداية الأمر الى الانتظار حتى تتراكم خلايا الخميرة على كل عجنة ولكنهم اكتشفوا بعد ذلك أنهم لو خلطوا قطعة صغيرة من عجين مخمر مع عجنة طازجة وتركوها قليلا ، فانها سرعان ما تنتفخ وتمتلىء بالفقاعات • ويمكن تكرار هذه العملية لأى عدد من المرات وسيحصل المرء فى كل مرة على خبز منتفخ جيد •

وقد أطلق على تلك المادة ــ اى الخميرة ــ التى تجعل العجين ينتفخ ويمتلىء بالفقاعات أسماء عديدة فى اللغة الانجليزية ، منها « Leaven » وهو اسم مستمد من كلمة لاتينية معناها « ينتفخ » ، و « ferment » وهو لفظ مستمد أيضا من كلمة لاتينية معناها « الغليان » ، بما أن عملية تكون الفقاعات تذكر بتلك الناجمة عن غليان السوائل ، ومنها « yeast » المستمدة من كلمة يونانية تعنى أيضا « الغليان » •

ولم يكن أحد فى العصور القديمة يعتقد أن الخميرة كائن حى ، حيث لا تبدو عليها أية علامات للحياة • ولكن ألم يبعث أحدا على الاندهاش انتفاخ العجين الطازج بعد أن تضاف اليه قطعة صغيرة من عجين مخمر ، وذلك مهما تكررت المرات ؟ فهل تتكاثر الخميرة ؟ أوليس ذلك بعلامة حياة ؟

ربما لم يكن الناس يبالون بمثل هذه المسائل ، أو ربما استخدموها لضرب الأمثال وليس كحقيقة علمية ، فثمة قول مشهور لسان بول يقول فيه : «ان قطعة صغيرة من الخميرة

تخمر الكل » وذلك يماثل قولنا اليوم ان « التفاحة الفاسدة تفسد الصندوق كله » ، أو ربما يكونون قد ضموها كعادتهم الى قائمة الخوارق الدينية ٠

ومن شأن الخميرة كذلك أنها تحول عصير الفواكه الى خمور ومنقوع الشعير الى بيرة ، وتلك قصة أخرى أقدم من التاريخ ٠

ولم تحظ ظاهرة التخمر بالبحث العلمى السليم الا فى أواخر القرن التاسع عشر ٠

ويرجع الأمر في بدايته الى نجاح الكيميائي الفرنسى أنسلم بايان (١٧٩٥ ــ ١٨٧١) فى عام ١٨٣٣ فى فصل مادة من سنابل الحبوب من شأنها أن تحول النشا الى سكر بمعدل اسرع من المعدل العادى ٠ وأطلق بايان على هذه المادة اسم دياستاز « diastase » ، وهو مستمد من كلمة يونانية تعني « فصل » (ولست ادرى ماذا كانت حكمة بايان فى اختيار ذلك الاسم) ٠

وكانت ظاهرة تعجيل لتفاعلات الكيميائية قد اكتشفت فى ربع القرن السابق وأطلق عليها اسم «التحفيز» « catalysis » ٠ غير أن المواد التى كان لها تأثير تحفيزى كانت حتى ذلك الحين مقصورة على المواد غير العضوية مثل مسحوق البلاتين، وكانت قد اكتشفت فى عام ١٨١١ طريقة تحفيزية لتعجيل انتاج السكر من النشا ــ نفس موضوع بايان ــ ولكن باستخدام محاليل من أحماض المعادن ٠

ويختلف الدياستاز عن هذه المحفزات في كونه مادة عضوية ولذلك استحق اسما مستقلا ٠ وقد عرفت بعد ذلك مثل هذه المحفزات العضوية باسم الخميرة « ferment » ٠ ليدلل على عملية التخمر التى تؤدى الى انتاج البيرة والخمور والخبز ٠

وكان معروفا في ذلك الوقت أن هناك شيئا في جدار المعدة يؤدى الى تفتيت ـ أو « هضم » ـ جزيئات البروتين ٠ وفى عام ١٨٣٦ نجح الفسيولوجى الألمانى تيودور شوان (١٨١٠ ـ ١٨٨٢) فى أن يعزل من جدار المعدة هذا العنصر الفعال ٠ ويعد هذا العنصر نوعا آخر من أنواع الخميرة أطلق عليه اسم « ببسين » (Pepsin) وهو مستمد من كلمة يونانية معناها « هضم » ٠ وكان هذا هو أول عنصر مخمر يستخرج من الخلايا الحيوانية ٠

ورغم أن الخميرة تعد (أو تحتوى على) مادة تخمير ، حيث تعجل التفاعل الذى يحول النشا الموجود فى الحبوب والسكر الموجود فى عصير الفواكه الى ثانى أكسيد الكربون وكحول، فانها تختلف عن مواد التخميرالأخرى مثل الدياستاز والببسين ٠ فالدياستاز والببسين موجودان بكميات محددة ويستهلكان بالاستخدام ،أما الخميرة فهى مادة متجددة لا تنتهى ٠

وتوصل شوان الى نتيجة بشان تلك المسألة ولكن بشكل غير مباشر ٠

كان العالمالألمانى قد بدأ أبحاثه بدراسة عملية التعفن ٠ ولاحظ أن غلى اللحوم ثم الاحتفاظ بها فى جو ساخن لا يصيبها بالعفن ٠ واستنتج شوان أن اللحم والهواء يحتويان على كائنات دقيقة تسبب التعفن ، ومن شأن الحرارة أن تقتل تلك الكائنات الدقيقة فلا يحدث التعفن ٠

ولكن كان هناك علماء آخرون يعزون التعفن الى الأكسجين وليس الى كائنات دقيقة ، مع اعتبار أن الحرارة تتلف الأكسجين بشكل ما ٠ وللتأكد من ذلك قام شوان بتسخين الهواء وجعل ضفدعا يتنفسه ، ولما لم يتضرر الضفدع استبعد فكرة تلف الأكسجين ٠

ولم يكتف شوان بذلك فاجرى تجربة أخرى حيث أذاب قطعة خميرة فى الماء وجعل المحلول يغلى ثم مرر به هواء ساخنا ، وتوقع ان يظل المحلول محتفظا بقدرته على التخمير فيثبت بذلك مرة أخرى أن الأكسجين لم يتلف • غير ان ذلك لم يحدث وتوقف مفعول الخميرة • وكان على شوان أن يعيد النظر فى رأيه بشأن الأكسجين •

وكان ثمة اعتقاد بأن الخميرة تحتوى على كريات دقيقة لا فائدة ملموسة لها ، وبالتالى لم يخطر ببال أحد أنها كائنات حية • ولكن لما تبين لشوان أن الحرارة توقف مفعول الخميرة ، أعلن فى عام ١٩٣٧ أن هذه الكريات لابد وانها خلايا حية تموت بالتسخين •

وقد عزز هذا الاستنتاج الفيزيائى الفرنسى شارل كانيار دى لاتور (١٧٧٧ ـ ١٨٥٩) الذى اكتشف ، وهو يفحص تحت المجهر تلك الكريات الموجودة فى الخميرة ، انها تنمو وتنقسم وتتكاثر •

غير أن كبار الكيميائيين فى ذلك الحين تصدوا لهذا الرأى ، وفى مقدمتهم الألمانى جيستوس فون ليبيج (١٨٠٣ ـ ١٨٧٣) الذى اصر بشدة على أن عملية التخمر عملية كيميائية وليست بيولوجية ، وظل على موقفه هذا طيلة عشرين عاما •

ثم جاء الكيميائى الفرنسى الشهير لويس باستير (١٨٢٢ ـ ١٨٩٥) وتناول عملية التخمر بدراسة تفصيلية، وفحص الخميرة بدقة تحت الميكروسكوب ومضى فى اجراء العديد من التجارب الدقيقة الذكية ، فاكتشف أن الخميرة لا تأتى بمفعولها لو كانت في جو يفتقر الى النتروجين، وتلك خاصية تتماشى مع المنطق القائل بأنها مادة حية • وبحلول عام ١٨٥٧ كان باستير قد أثبت بما لا يدع أى مجال للشك أن الخميرة أثناء عملية التخمر ، تمتص مواد غذائية وتنمو وتتكاثر ، أى انها باختصار مكونة من خلايا حية •

وفى عام ١٨٧٥ تمكن عالم الكيمياء الحيوية الالمانى ويلهلم فريدريك كون (١٨٣٧ ـ ١٩٠٠) من عزل مادة تخمير هاضمة أخرى ، وكانت هذه المرة من عصارة البنكرياس ، وأسماها « تريبسين » ، وهو أيضا اسم مشتق من اليونانية بمعنى « الهضم » • ورغم أن التريبسين يؤدى الى هضم جزيئات البروتين الا انه يختلف عن الببسين ، حيث يعمل الأول فى وسط حمضى قوى بينما يعمل الثانى فى المحاليل القاعدية المخففة •

وفى ضوء النتائج التى توصل اليها « باستير » قرر « كون » أن هناك نوعين من المواد المخمرة : الأول يعمل كجزء من الخلايا الحية مثل الخميرة (ويندرج فى قائمة المواد المخمرة المعضية) والثانى يمكن استخراجه من الخلايا ويؤدى وظيفته حتى لو لم يكن جزءا من أى شىء حى (ويندرج فى قائمة « المواد المخمرة غير المعضية ») •

وشعر « كون » أن هذا التمييز يعد على درجة كبيرة من الأهميه ، ويستحق ان يكون أيضا على مستوى المصطلح العلمى ، ولذلك اقترح فى نفس العام الذى اكتشف فيه التريبسين أن يكون اسم « المواد المخمرة » مقصورا على العناصر الموجودة فى الخلايا الحية ، أما المواد المخمرة غير المعضية مثل الدياستاز والببسين والتريبسين فاقترح أن تسمى « أنزيمات » ، وهو اسم يونانى المصدر ويعنى « فى الخميرة » ، غير أنه اسم ضعيف فى الواقع لأن المواد المخمرة غير المعضية ليست موجودة فى الخميرة ، ونعتقد أنه كان يقصد انها تشبه فى وظيفتها المواد المخمرة الموجودة فى الخميرة • وعلى أى الأحوال فان كلمة « انزيم » أصبحت مصطلحا طبيا معروفا اعتبارا من عام ١٨٧٥ •

غير ان أى تمييز لا يكون تمييزا الا اذا كانت له مبرراته، ولذلك كان من الضرورى ـ كمبرر لصحة التمييز ـ اثبات أن أى تدمير فى خلية الخميرة ـ كوحدة واحدة ـ من شأنه

ان يوقف عملية التخمير . وقد عرفنا أن الحرارة تأتى بهذا التأثير ، ولكن قد يكون أوقع لو توقف مفعـول التخمير اذا تعرضت الخلية لعملية تدمير ميـكانيكى بسـيطة ، كأن يتم تمزيقها اربا فى درجة الحرارة العادية . ومن المنطقى فى هذه الحالة أن نستنتج أن عامل التخمير ليس مجرد عنصر فى الخلية ، وانما ينجم المفعول عن أداء الخلية ككل .

وفى عام ١٨٩٦ أخذ الكيميائى الألمانى ادوارد بوتشنر (١٨٦٠ ـ ١٩١٧) هذه المهمة على عاتقه ، بناء على اقتراح من شقيقه الأكبر هانز ، وكان هو الآخر كيميائيا بارزا . وكانت التجربة على النحو التالى :

كـون بوتشـنر خليطا من الخمـيرة والـرمل والطين الدياتومى وسحقه بشدة بحيث يضمن تمزق خلايا الخميرة ، وان كان من الوارد أن تظل جزيئاتها سليمة . ثم لف العجين فى قطعة قماش سميكة وعصره بقوة ضغط شديدة ليستخرج منه كل السائل . وهذا السائل بالطبع هـو المحلـول الذى كانت تحتوى عليه خلايا الخميرة . وعنـدما فحص بوتشنر السائل تحت الميكروسكوب لم يجد أثرا لأية خلايا سليمة .

وكان بوتشنر متأكدا سلفا أنه لن يكون لهذا المحلول أى مفعول مخمر ، غير أنه كان يخشى الاحباط . ولم يكن يريد تعريض المحلول للتلوث بأية كائنـات دقيقة خشية حـدوث تغيرات كيميائية تلقى ظلال الشك على نتائجه ، ولم يكن أيضا يريد أن يضيع كل وقته فى عملية سحق وعصر عينـات جديدة ليجرى تجاربه على محاليل طازجة . ولذلك استعان بفكرة بسيطة للغاية . فمن المعروف أن وضع كمية كبيرة من السكر فى محلول مستخرج من الأنسجة يقيه من البكتريا (وهذه هى الفكرة المستخدمة فى صنع الفواكه المحفـوظة والمربى والجيلى) .

ووضع بوتشنر السكر فى محلوله ، وكم كنت أتمنى أن أراه فى هذه اللحظة ، حيث أعتقد أنه سقط مغشيا عليه حين

رأى المحلول المسكر قد بدا يتخمر ، وهــذا هو ما لم يتوقعه مطلقــا ٠

المسألة اذن هى أن الخميرة تحتــوى عــلى عنصر مخمر يمكن استخراجه من خلاياها ويظل يؤدى نفس وظيفته وهو بعيد عن الخلية ٠ وأطلق بوتشنر عــلى هــذا العنصر اســم « زيماس » ٠

ومن ثم يمكن القول بأنه ليست هناك فوارق حقيقيــة بين أنواع الخمائر والانزيمات ، ولذلك استقر الرأى أخيرا على تسمية كل العناصر المخمرة انزيمات ٠

وقد نال بوتشنر فى عام ١٩٠٧ جائزة نوبل للكيمياء تقديرا لما توصل اليه من نتائج فى آبحاثه ٠ ثم عن له أن يتطوع فى الجيش اثر اندلاع الحرب العالمية الأولى فجأة ، وكان فى ذلك الحين فى الرابعة والخمسين من عمره ٠ وكانت الســلطات الألمانيــة من الغباء بحيث قبلت تطوعه ، وكانت النتيجة أن لقى مصرعه فى عام ١٩١٧ اثر اصــابته بطلق نارى على الجبهة الرومانية ٠ ولا شك انه كان بوسع الألمــان تحقيق قدر أكبر من الاســتفادة بعقله بدلا من اســتخدامه كدرع لصد الرصاص على الخطوط الأولى لجبهة القتــال ٠ (وكان باستير قد تقدم أيضا قبل نحو نصف قرن من الزمان للتطوع فى الجيش أثناء الحرب الفرنسية البروسية ، وكان فى الثامنة والأربعين من عمره ٠ غير أن الفرنسيين مسحوا على رأسه بلطف ، وقالوا له انك أنفع للامة وللعــالم وأنت فى معملك) ٠

الأنزيمات اذن هى « محفزات عضــــوية » لا عــلاقة لوظيفتها بالخلايا التى قد تحتويها ، والسؤال الآن : ما هى طبيعتها ؟

تنقسم المركبات العضوية الى عدد ضخم من الأنــواع المختلفة ، فهل الانزيمات تخضع لنفس التقسيم أم انها تنتمى لمجموعة محددة من هذا النوع أو ذاك ؟

لم يكن تحديد هذه المسالة بالشيء اليسير ، فالمحفزات بصفة عامة تؤدى وظيفتها فى تركيز خفيف للغاية ومع ذلك يمر هذا الأداء بمراحل طويلة · ولا يشترط فى أداء المحفزات أن تكون طرفا فى التفاعل ، بل ان دورها يقتصر أحيانا على مجرد توفير سطح ييسر بطريقة أو بآخرى التفاعل الكيميائى · ويروق لى أن أشبه المحفزات بطاولة الكتابة ، حيث يضع المرء الورق عليها ويكتب بطريقة أسهل مما لو كانت الورقة معلقة فى الهواء · ولا يحتاج المرء الا لطاولة واحدة ليكتب ملايين الأوراق ·

وقد ذهبت اراء معظم الكيميائيين الى أن الانزيمات ما هى الا بروتينات · فالبروتينات تتميز من بين شتى انواع المواد العضوية باحتوائها على الجزيئات الاكثر تعقيدا ، علاوة على ان كلا منها يتسم بسطح جزيئى ذى شكل محدد ومميز · ومن شأن كل سطح أن يناسب عناصر متفاعلة محددة ويزيد من سرعة تفاعلها · وقد تصل درجة انفراد أسطح جزيئات البروتينات بأشكال مميزة الى حد ألا يناسب كل شكل سوى جزىء واحد دون سواه · وذلك يفسر انفراد أنواع من الانزيمات بتحفيز تفاعلات تخص جزيئا بعينه دون سواه · ويسمى ذلك « بخصوصية » الانزيم ·

وتشكل فكرة الانتساب لفئة البروتينات أفضل تفسير لطبيعة الانزيمات ، غير أنه كان ينقصها الاثبات ·

وقد تناول الكيميائى الألمانى ريتشارد ويلستاتر (١٨٧٢ ــ ١٩٤٢) تلك المسألة بالبحث فى الفترة من ١٩١٨ الى ١٩٢٥ ، حيث أجرى سلسلة من عمليات التنقية لمحاليل تحتوى على أنواع مختلفة من الانزيمات ، وكان فى كل مرة يتخلص من الشوائب دون المساس بفاعلية الانزيم ، حتى حصل فى النهاية على محاليل صافية تماما خالية من أية دلالة على وجود بروتينات · ثم أجرى أدق أنواع الاختبارات ، وفقا لامكانات معمله ، بحثا عن البروتين فى

هذا المحلول . لكن النتيجة جاءت سلبية . فانتهى الى أن الانزيمات ليست ذات طبيعة بروتينية وأنها على الأرجح عبارة عن جزيئات صغيرة .

وتبدو هذه النتيجة غير منطقية بالنظر الى الخصائص العديدة للنشاط الانزيمى . غير آن ويلستاتر كان كيميائيا صلب الرأى ، ويعزز موقفه حصوله فى عام ١٩١٥ على جائزة نوبل للكيمياء لأبحاثه في مجال الكلوروفيل والاصباغ الزراعية الأخرى ، ولذلك قليل من كان يتجاسر على مجادلته بشأن هذه النتيجة .

وبينما كان ويلستاتر يجرى آبحاثه ويقترب فى اتجاه ما توصل اليه فى نتائج ، كان عالم الكيمياء الحيوية الامريكى جيمس باتشلر سومنر (١٨٨٧ ـ ١٩٥٥) يبحث هو الآخر نفس المسألة ولكنه كان يقترب الى نتائج مناقضة .

كان سومنر يجرى أبحاثه على انزيم يسمى « يورياز » تتمثل مهمته فى تحليل البول الى جزيئات أبسط هى جزيئات الأمونيا وثانى آكسيد الكربون . (وكان حرفا الـ « أ » و الـ « ز » ـ اللذان استخدمهما لأول مرة « بايان » فى نهاية اسم « دياستاز » ـ قد صار استعمالهما شائعا فى أسماء الانزيمات ومجموعاتها ، باستثناء ذلك العدد القليل من الانزيمات ، مثل الببسين والتريبسين ، التى عرفت قبل شيوع هذا العرف) .

وكان هناك نوع من الفاصوليا تتسم بذورها بأنها غنية بانزيم اليورياز . وتمثلت تجارب سومنر فى استخراج ذلك الانزيم وتنقيته . واستغرق العمل تسع سنوات الى أن حصل سومنر على بلورات صغيرة تتصف بنشاط انزيمى بالغ القوة ، حتى انه استنتج أن هذه البلورات هى بلورات اليورياز ـ أى المادة ذاتها .

وعندما أجرى سومنر اختبارات البروتين على البلورات جاءت النتائج ايجابية تماما • وخلص فى عام ١٩٢٦ الى عكس نتائج ويلستاتر، أى أن اليورياز لم يكن سوى بروتين • واذا كان أحد الأنزيمات هـو بروتينـا ، فمن المنطقى أن ينسحب ذلك على انزيمات أخرى، ولم لا على الانزيمات كلها •

ولـكن ويلستاتر هز رأسـه بالنفى واسـتبعد نتائج سومنر • ولما كان سومنر مغمـورا نسـبيا ، عـلى عـكس ويلستاتر ، ظلت نتائجه مرفوضة لعدة سنوات •

غير أن كيميائيا أمريكيا آخر يدعى جون هوارد نورثروب (١٨٩١ ـ) تناول نفس الموضوع بالبحث ، وسار فى نفس خط سومنر ونجح فى عام ١٩٣٠ فى الحصـول عـلى بلورات البيبسـين ثم بلورات التريبسـين والكيموتريبسين (وهو نوع آخر من الانزيمات الهاضمة) فى عامى ١٩٣٢ و ١٩٣٥ تباعا • وأثبت أن كـل هـذه الانزيمات ما هى الا بروتينات •

علاوة على ذلك فقد كانت طريقة نورثروب فى تجاربه بسيطة ونمطية ، ولذلك لم يمض وقت طويل بعد ذلك حتى أمكن اثبات الطبيعة البروتينية لعدد كبير من الانزيمات •

واتضحت الـرؤية ، وزال الشك وتبين أن ويلسـتاتر كان مخطئـا • وفى عام ١٩٤٦ تقاسـم سومنر ونورثروب جائزة نوبل للكيمياء •

ومادام الأمر كذلك فأين الخطأ فى نتائج ويلستاتر ؟ فهو كيميائى ماهر لا يقع مثله فى خطأ تافه من هـذا القبيل • والواقع انه لم يقع فى خطأ • فقد حصل فى تجاربه عـلى محلول انزيمى يتسم بفاعلية كبيرة ودرجة نقاء عالية ، غير أن عدد ما تبقى فيه من جزيئات الانزيم ـ مع التسليم بأن النشـاط الانزيمى لا يحتاج الا لعـدد بالغ الضـآلة من الجزيئات ـ لم يكن ليعطى نتائج ايجابيـة فى اختبـارات البروتين بامكانات معمل ويلستاتر •

ومن ناحية أخرى فقد عمل سومنر ونورثروب على معالجة المحلول بحيث حصلا على الانزيم في صور صلبة على هيئة بلورات ، وقد أتاح لهم ذلك اذابته فى المرحلة التالية فى أقل كمية ملائمة من المياه ، فحصلا على محلول مركز أعطى النتائج الايجابية بالنسبة لوجود البروتين ·

وتتألف بعض البروتينات من عدد من سلاسل الأحماض الأمينية ولا شيء غير ذلك ، ومثل هذه البروتينات تسمى « البروتينات البسيطة » ومنها البيسين والتريبسين ·

غير أن البعض الآخر من البروتينات يتكون من سلاسل الأحماض الأمينية علاوة على جزء لا ينتمي لهذه السلاسل ، وهذا البعض يسمى «البروتينات المترابطة» (conjugated proteins) ومنها « الكاتالاز » و « البيروكسيداز » « السيتوكرو أوكسيداز » وهى أنواع لم نذكرها من قبل ·

ولو كان الجزء غير المنتمى للحامض الأمينى متحدا مع البروتين بشكل وثيق فانه يسمى « المجموعة المضافة » ، الا أن اتصال هذا الجزء يكون ضعيفا فى بعض الانزيمات ويسهل انفصاله ، وفى هذه الحالة يطلق عليه « الانزيم المساعد » (Coenzyme) · والغريب أن الانزيم المساعد يكتسى أهمية كبرى فيما يتصل بالفيتامين ·

وسوف نتناول فى الفصل القادم الصلة بين الانزيم المساعد والفيتامين ·

الفصـــل العاشر

نصـــل الكيمياء الحيـــوية

ذهبت ذات ليلة لمشاهدة أحد العروض المسرحية ، وبينما كنت أنتظر رفع الستار تقدمت منى سيدة قد صبغ البياض شعرها وسألتنى : « دكتور عظيموف ؟! لقد كنـــا زملاء فى المدرسة ! » ٠

وقلت لها بدماثة خلقى المعهودة : « صحيح ؟! ٠ انك لا تبدين بهذه السن ! » ٠

فقالت : « كنت فى المدرسة الابتدائية بى اس ٢٠٢ » ٠

وأثارت السيدة فضولى ، حيث كنت بالفعـــل فى هـــذه المدرسة فيما بين الثامنة والعاشرة من عمرى ٠ وقلت لهـــا ذلك ٠

فقالت : « أنا متأكدة من ذلك ٠٠ وأذكرك تماما ، لأنك رددت ذات مرة بعنف على المدرسة حين قالت على احدى المدن انها عاصمة احدى الدول ، فما كان منك الا أن اعترضت بعنف وتجادلتما أنتما الاثنان ٠ وفى راحة الغداء ، ذهبت انت الى المنزل وأحضرت أطلس كبيرا لتريها انك على حق ! لا أنسى هذه الواقعة مطلقا » ٠

ورددت بشىء من الأسى : « لا ٠٠ لا أتذكرها بأمانة ٠٠ ولكنى بالفعل كنت ذلك التلميذ المشاغب ، لأنى كنت الولد الوحيد فى المدرسة الذى تدفعه حماقته الى مهاجمة المدرسين واحـــراجهم ، لأنى كنت أرفض الاعتراف بالخطـــأ اذا كنت متأكدا من أنى على صواب » ٠

وفي الاستراحة بين فصلين من العرض المسرحي ٠٠ أثبت أني مازلت على حماقتي ! فقد تقدمت مني سيدة أخرى وطلبت مني التوقيع على أوتوجراف ، ووقعت بالطبع ، فقالت : « أتدرى يا دكتور عظيموف ٠٠ انك ثانى انسان أطلب منه التوقيع على أوتوجرافى » ٠

فسألتها : « من كان الآخر » ٠

فقالت : « لورانس أوليفييه » ٠

فتبسمت وهممت بشكرها ولكنى سمعت نفسى أرد عليها بقولى : « أى فخر سيشعر به أوليفييه لو علم أى صاحب اقترن به » ٠

لم أكن أقصد بذلك سوى المزاح بالطبع ، لكن السيدة انصرفت فى صمت لا يعلو وجهها سوى مسحة من ابتسامة ، وعلمت فى تلك اللحظة كم عززت سمعتى دنيا الفراغ ٠

فلا يعتقد أحد اذن أنى لا أشعر بشيء من القلق كلما جلست لأكتب واحدا من هذه الفصول حيث أتساءل هل سيتجلى هذه المرة ما أتمتع به من حماقة هى فى طبعى ؟٠ لعل ذلك لا يحدث وأنا أكتب الفصل الرابع والأخير فى موضوع الفيتامين ٠

★★★

٠ تتكون جزيئات البروتين كلها ، أو معظمها من واحدة أو أكثر من سلاسل « الأحماض الأمينية » ٠

ويتألف الحمض الآميني في آحد آطرافه من « مجموعة أمينية» تتكون من ذرة نيتروجين وذرتي هيدروجين (ن يد٢)، ومن « مجموعة حامض الكربوكسيليك » في الطرف الآخر وتتكون من ذرة كربون وذرتي أكسجين وذرة هيدروجين (ك أ٢ د) ٠ وثمة ذرة كربون منفردة تربط بين المجموعتين ٠

وتتصـــل هـــذه الذرة ايضـــا بذرة هيـــدروجين من جانب « وبسلسلة جانبية » من جانب آخر ·

وقد تكون هذه السلسلة الجانبية مقصـــورة عـــلى ذرة هيدروجين ، او قد تكون واحـــدة من مجمـــوعات شـــتى من الذرات التى تحتـــوى عـــلى كربون · والأحمـــاض الأمينية الموجودة فى جزيئات البروتين تختلف فيما بينها باختـــلاف هذه السلاسل الجانبية ، وبذلك يصل عدد أنواع الأحماض الامينية المختلفة الى عشرين نوعا ·

وتتحد الأحماض الأمينية مع بعضها عندما تتحدالمجموعة الأمينيةلأحد هذهالأحماض مع مجموعة حامضالكربوكسيليك فى الحامض الأمينى الآخـــر · وبذلك تتـــكون ســـلسلة من الأحماض الأمينية المتحـــدة وأهم ما فى الأمر أن الســـلاسل الجانبية تظل كما هى ·

وتميل سلاسل الأحماض الأمينية الى الانثناء والالتواء ، بحيث تكون جسما ثلاثى الأبعاد تبرز منه السلاسل الجانبية كالزغب · وتتسم بعض السلاسل الجانبية بصغر الحجم ، والبعض الآخر بالضخامة نســـبيا ، ويحمـــل بعضها شـــحنة كهربية موجبة وبعضها شـــحنة سالبة وبعضـــها لا يحمل آية شحنات كهربية · ومن شأن بعض هذه السلاسل الجانبية أن تذوب فى الماء ولا تذوب فى الدهون ، بينما يذوب البعض الآخر فى الدهون دون الماء ·

ويشـــكل كل تآلف من الأحمـــاض الأمينيـــة نـــوعا من البروتين يتسم بنمط مختلف من الســـلاسل الجانبية عـــلى سطحه · ويتصف جزىء البروتين فى كل نمط بخصـــائص مميزة مختلفة عن سواها ·

ولما كانت كل سلسلة تتكون من مئات الأحماض الأمينية المتباينة ، التى ينقسم كل منها الى عشرين نوعا ، فان عدد التآلفات المحتملة يصـــل الى رقم خيـــالى · ولو تصـــورنا أن

السلسلة تتكون من عشرين حامضا أمينيا فقط ، اى واحد من كل نوع ، لزاد عدد التالفات المحتملة على ٥ر٢ بليون بليون .

ولنا أن نتخيل عدد التآلفات المحتملة لو ان السسلة تتكون من عشرات الأنواع من الأحماض الامينية • لقد حاولت ذات مرة حساب متل هذا العدد فى جزىء واحد من الهيموجلوين فوجدت أنه يصل الى ١٠ ٦٢٠ (أى واحد وعلى يمينه ٦٢٠ صفرا) • ولو أحصينا عدد كل جزيئات الهيموجلوبين الموجودة فى كل الكائنات المحتوية على هيموجلوبين ، والتى عاشت على الأرض على مدى التاريخ •• لوجدناه رقما لا يذكر مقارنة بهذا العدد •

ويفسر ذلك لماذا يعد علم الكيمياء الحيوية على هذه الدرجة من التشعب والتعقيد ، ولماذا يمكن للحياة ذاتها أن تنقسم على مدى ثلاثة ملايين سنة ـ بدءا من نشأة أبسط جزيئات البروتين ـ الى عشرات الملايين من الأجناس المتباينة ، وهى حاليا تشمل ما يربو على مليونين من الأجناس المختلفة •

وثمة أنواع شائعة من البروتين تشكل حجما ضخما من المادة فى الكائنات الحية بصفة عامة • ومن هذه البروتينات على سبيل المثال الكيراتين الموجود فى الجلد والشعر والاظافر والقرون والريش ، والكولاجين الموجود فى الغضاريف والأنسجة ، والميوسين الموجود فى العضلات ، والهيموجلوبين الموجود فى الدم •

وبغض النظر عن تلك الأنواع الشائعة ، فان الغالبية العظمى من شتى أنواع البروتينات هى انزيمات ، ولذلك هناك حوالى ألفين من أنواع الانزيمات المعروفة والتى تمت دراستها ، ناهيك عما لم يتوصل العلماء بعد الى عزله ودراسته • علاوة على ذلك ، فان كل انزيم قد ينقسم الى عدد من الأنواع ذات الاختلافات الطفيفة •

كل انزيم اذن من شانه ان يرتبط بعدد محدود للغاية من الجزيئات ، أو حتى بجزىء واحد ، يهيىء لها ، أو له فقط ، الوسط المناسب الذى يعجل ويحفز التغير الكيميائى المحتمل • وقد يحدث التغير الكيميائى مع ذلك ، فى غياب هذا الانزيم ولكنه سيكون بطيئا للغاية •

ولما كان عدد مثل هذه الأسطح المعروفة حاليا ، لا يذكر قياسا بما يمكن أن يكون ، فمازال المجال مفتوحا لمزيد من التطور ومن تكوين عدد لا نهائى من الأجناس الجديدة •

ولو كانت ملايين الكواكب الموجودة فى مجرتنا تصلح للحياة القائمة على جزيئات البروتين ، لوجدنا كل كوكب يزخر بملايين من الأجناس المختلفة اختلافا كليا عن تلك الموجودة فى الكواكب الأخرى •

ولقد ذكرنا فى الفصل السابق أن البروتينات تنقسم الى « بروتينات بسيطة » و « بروتينات مترابطة » وثمة أنواع متباينة من البروتينات المترابطة التى تختلف فيما بينها باختلاف المجموعات التى لا تنتمى للأحماض الامينية • وبالتالى فان جزيئات البروتين المتحدة مع الأحماض النووية تكون « النيوكليوبروتين » ، وتلك المتحدة مع مركبات من نوع السكر تكون « الجليكو بروتين » ، أما تلك المتحدة مع مجموعات الفوسفات فهى تكون « الفوسفو بروتين » وهلم جرا •

رأينا أيضا فى الفصل السابق أن الجزء غير المنتمى للحامض الأمينى ينقسم الى نوعين وفقا لقوة اتصاله مع البروتين ، فلو كان متحدا معه بقوة فهو يسمى « المجموعة المضافة » ، أما لو كان الاتصال ضعيفا ويمكن انفصاله بسهولة ـ وينطبق ذلك بصفة عامة فى حالة الانزيمات ـ فيطلق عليه « الانزيم المساعد » •

وقد تختلف تركيبة الانزيم المساعد اختلافا كليا عن تركيبة البروتينات ، ومع ذلك تظل سلسلة الحامض الامينى فى الانزيم تمثل السطح اللازم لتحفيز التفاعل الكيميائى ، وتظل هى التى تحدد اختصاص الانزيم (أى قدرته على العمل مع نوع واحد من الجزيئات ، أو على أقصى تقدير مع عدد محدود للغاية من أنواع الجزيئات) • وعندما يتحدد الجزىء الملائم يبدأ الانزيم المساعد فى اتمام التفاعل الكيميائى المنشود •

ولتقريب تلك المسألة الى الفهم يمكن تشبيه الانزيم بهراوة خشبية • فالهراوة تصلح بذاتها ـ ودون اضافات عليها ـ لأن تؤدى الغرض منها ، كأن تستخدم لضرب عدو على رأسه ليثوب الى رشده ، ولكن ألا تكون الضربة أكثر تأثيرا لو دعمت رأس الهراوة بجزء غير خشبى ، من المعدن أو العظم أو الحجر مثلا • ويمكن أيضا ربط شفرة حادة بالهراوة الخشبية بحيث تتحول الى سكين أو ماشابه ذلك •

ولا يفيد المقبض الخشبى ـ فى حد ذاته ـ كثيرا لأداء مهمة السكين ، كما أن النصل وحده قد يكون صعب الاستخدام ، أما الاثنان معا فهما يؤديان الغرض كأحسن ما يكون الأداء •

ووفقا لهذا التشبيه ، فالحامض الأمينى فى الانزيم يمثل مقبض السكين ، بينما يمثل الانزيم المساعد نصل السكين ، ولكن لا ننسى أن بعض الانزيمات لا تحتاج اضافات لتؤدى مهمتها •

ويفضل دائما عند دراسة الانزيمات أن تكون العينة التى يجرى عليها البحث نقية بقدر المستطاع • وليس ذلك بمسألة هينة ، حيث ان الانزيم موجود فى الخلايا بدرجة

تركيز ضعيفة للغاية ، فضلا عن وجود مواد كثيرة معه كأنواع عديدة من الانزيمات الأخرى والبروتينات التى ليست بانزيمات ، ناهيك عن الجزيئات الكبيرة الأخرى مثل الأحماض النووية ، والجزيئات الصغيرة مثل جزيئات السكر والدهون والأحماض الأمينية المنفردة ٠٠ الخ ٠

وقد ابتكرت طرق عديدة لفصل أنواع البروتينات عن بعضها وعن الجزيئات الكبيرة الأخرى ٠ وباختبار كل شريحة منها ، لمعرفة أيها سيأتى بأفضل نتيجة فى التفاعل المعنى ، يمكن الوصول شيئا فشيئا الى الانزيم المنشود ، والحصول عليه بشكل نقى ومركز نسبيا ٠

غير أننا نريد التوصل الى جزيئات الانزيم نفسه ، ولا شيء معها باستثناء الماء ليظل الانزيم على هيئة محلول ٠ أى نريد التخلص أيضا من كل الجزيئات الصغيرة ، بل لو أمكن أيضا التخلص من الماء ستكون النتيجة أفضل ، حيث نحصل على جزيئات الانزيم فى هيئة بلورية ، أى مادة الانزيم ذاتها ٠

وللتخلص من الجزيئات الصغيرة استخدم علماء الكيمياء الحيوية « الأغشية شبه المنفذة » ، وهى أغشية رقيقة للغاية وجزيئاتها متصلة مع بعضها بشكل ضعيف بحيث تتيح وجود فراغات بالغة الدقة لا ترى بالعين المجردة ٠ ويبلغ من دقة هذه الفراغات أنها لا تسمح للجزيئات كبيرة الحجم ـ مثل جزيئات البروتين المكونة من مئات، بل آلاف الذرات ـ بالمرور منها ، بينما قد تتمكن « الجزيئات الصغيرة المكونة من عشرات الذرات من النفاذ عبرها ٠ وقد سميت هذه الأغشية شبه منفذة لأنها تسمح بمرور بعض الجزيئات دون غيرها ، ويطلق عليها أيضا « الأغشية الفارزة » ٠

والآن ، لو استخدمنا كيسا مصنوعا من غشاء فارز ووضعنا فيه محلول أنزيم ثم ربطناه وعلقناه فى وعاء كبير

به ماء ، فان بعض الجزيئات الصغيرة سوف تتسرب من داخل الكيس الى الماء خارجه مع استمرار وجود الجزيئات الكبيرة داخله ٠

ومن غير المستبعد بالطبع أن تعود بعض الجزيئات الصغيرة الى داخل الكيس ، غير أن هذه الحركة من الكيس واليه سوف تستمر الى أن يحدث توازن في تركيز هذه الجزيئات الصغيرة بين المحلول داخل الكيس والماء خارجه ٠ ولما كان الحجم داخل الكيس يقل كثيرا عنه خارجه ، فذلك يعنى أن معظم الجزيئات الصغيرة ستكون فى الماء خارج الكيس بعد استقرار التوازن ٠

ويمكن بعد ذلك تغيير وعاء الماء واعادة التجربة ، فتخرج كمية أخرى من الجزيئات الصغيرة من داخل الكيس لتقل نسبتها مرة ثانية ٠ ومع تكرار هذه العملية ، يمكن فى النهاية تخليص محلول الانزيم من كل الجزيئات الصغيرة ٠ وقد يكون من الأيسر وضع الكيس فى وعاء ماء جار ، أى يدخل الماء من فتحة فى الوعاء ويخرج من أخرى ٠ وتسمى هذه العمية « الديلزة » (dialysis) ٠

غير أنه حدث فى عام ١٩٠٤ أن استخدم عالم الكيمياء الحيوية الانجليزى « آرثر آردن » (١٨٦٥ ــ ١٩٤٠) هذه الطريقة لتنقية انزيم الزيماس (الذى أشرنا اليه فى الفصل السابق) ، ولما انتهت عملية التنقية فوجىء بأن الزيماس داخل الكيس لم يعد يؤدى الى التخمر ، وعندما أضاف له الماء الموجود خارج الكيس عادت الفعالية للمحلول ٠

وبدا من تلك التجربة أن انزيم الزيماس يتكون من جزءين ، ولكن الارتباط بينهما ضعيف لدرجة أن مجرد حركة الديلزة الخفيفة كانت كفيلة بفصلهما عن بعضهما ٠ وبدا أيضا أن أحد الجزءين يتكون من جزيئات كبيرة لم تنفذ من الغشاء بينما يتكون الجزء الثانى من جزيئات صغيرة

تسربت من الغشاء ، وان وجودهما معا ضرورى للاحتفاظ بفاعلية الانزيم ٠

علاوة على ذلك فقد تبين أن الزيماس الموجود داخل الكيس يفقد فعاليته مع التسخين بما ينم عن أنه بروتين ، وهو أيضا لا يستعيد الفعالية بالتبريد ، حتى بعد اضافة المحلول الموجود خارج الكيس ٠

أما المادة الموجودة خارج الكيس ، فرغم تسخينها لدرجة الغليان ثم تبريدها الى درجة الحرارة العادية ، ظلت محتفظة بقدرتها على اعادة الفعالية للزيماس (بشرط ألا يكون قد تم تسخين الزيماس نفسه) ٠ انها اذن مادة غير بروتينية ٠

واستنتج آردن أن انزيم الزيماس يتكون من شقين : شق بروتينى وشق غير بروتينى ، وقد أطلق على الشق غير البروتينى « الزيماس المساعد » (cozymase) باعتبار أن بادئة الاسم « كو » تعنى فى اللاتينية « مساعد » ، وذلك لأن الشقين يشتركان معا فى الأداء ٠

ونتيجة هذا البحث ، وأعماله الأخرى فى مجال التخمر والانزيمات ، كان لآردن نصيب فى جائزة نوبل للكيمياء عن عام ١٩٢٩ ٠

وقد أظهرت الأبحاث بعد ذلك أن خاصية الأداء المشترك بين جزء بروتينى وجزء غير بروتينى ليست مقصورة على الزيماس ، بل تنطبق على عدد آخر من الانزيمات (ولكن ليس كلها) ٠ وقد أطلق على الجزء البروتينى فى مثل هذا النوع من الانزيمات « آبوانزيم » (apoenzyme) وتعنى البادئة « apo » فى اليونانية « انفصال » ، بينما ظل الجزء غير البروتينى معروفا باسم « الانزيم المساعد » ٠ وأطلق بعد ذلك على « الزيماس المساعد » اسم « الانزيم المساعد » ٠ أما الشقان معا فقدأطلق عليهما اسم «هولو ـ انزيم» (holoenzyme)

حيث تعنى البادئة « holo » فى اللاتينية «الكامل» أو «التام» وقد صار الان اسم « الانزيم المساعد » هو الاسم الأكثر شيوعا فى عالم الكيمياء الحيوية ، ونادرا ما يستخدم اسم « ابو ــ انزيم » أو « هولو ــ انزيم » .

وكان شريك آردن في جائزة نوبل لعام ١٩٢٩ هو الكيميائى السويدى الألمانى هانز كارل فون أويلر ــ شيلبين (١٨٧٣ ــ ١٩٦٤) الذى كرس أبحاثه لدراسة البنية الذرية للانزيم المساعد .

وتوصل أويلر ــ شيلبين فى عام ١٩٣٣ الى أن الانزيم المساعد شديد الشبه فى بنيته بالأحماض النووية مع وجود بعض الاختلافات من أبرزها أنه يحتوى فى تركيبته على مجموعة بايريدين تتألف من حلقة بها خمس ذرات كربون وذرة نيتروجين ، كما أنه يحتوى على مجموعتى فوسفات ، ولذلك يمكن تسميته « دايفوسفو ــ بايريدين نيوكليوتايد » أو باختصار دى . بى . ان (DPN).

وثمة انزيم مساعد آخر ، يعرف باسم « الانزيم المساعد ٢ » ، يختلف عن دى . بى . ان . فى أنه يحتوى على مجموعة فوسفات ثالثة، ولذلك يطلق عليه «ترايفوسفو ــ بايريدين نيوكليوتايد » أو « تى . بى . ان » .

وقد اكتشف أن الـ دى . بى . ان . أو الـ تى . بى . ان . يشكلان الانزيم المساعد فى حوالى مائتى انزيم معروف حتى الآن . وتتمثل مهمة الـ دى . بى . ان . و الـ تى . بى . ان . فى نقل ذرتى هيدروجين من جزىء الى آخر . ويعد هذا النوع من التفاعل الكيميائى أساسيا فى عملية انتاج الطاقة ، وتسمى الانزيمات التى تنجز هذه العملية «ديهايدروجيناز» (dehydrogenases) .

ومن أهم سمات الـ دى . بى . ان . والـ تى . بى . ان . أن حلقة البايريدين التى تمثل جانبا من الجزىء ، اتضح بعد فصلها أنها تكون جزىء النيكوتيناميد ، وهو الفيتامين الذى

أشرنا اليه فى الفصل السابع ، وذكرنا ان نقصه فى الغذاء يؤدى الى الاصابة بمرض الحصاف ٠

وذلك يعنى أنه لو نقص النيكوتيناميد فى الغذاء ، لا يستطيع الجسم تكوين الـ دى٠ بى٠ ان٠ أو الـ تى٠ بى٠ ان٠ ومن ثم تتوقف الانزيمات المعنية عن العمل ، وتفشل الخلايا فى أداء وظائفها بشكل طبيعى ، وبالتالى يبدأ ظهور أعراض الحصاف ٠

علاوة على ذلك ، فمع اكتشاف بنية المزيد والمزيد من الانزيمات المساعدة اتضح أنها تحتوى عادة على أنواع شتى من الفيتامينات ٠ وذلك يعنى ان الغذاء لابد أن يحتوى على الفيتامينات اللازمة لتكوين الانزيمات المساعدة التى تتيح لبعض الانزيمات الرئيسية أو الانزيمات الأخرى أن تؤدى وظائفها ، أى انه بدون الفيتامينات لن تتم بعض التفاعلات الرئيسية فى الخلايا ، بما يفسح المجال للاصابة بالأمراض بل وحدوث الوفاة ٠

ولما كانت الانزيمات عبارة عن محفزات ، فان الجسم لا يحتاجها الا بكميات ضئيلة ، وذلك يعنى ان الانزيمات المساعدة ــ وبالتالى الفيتامينات ــ ليست مطلوبة الا بكميات ضئيلة ، غير أن هذه الكميات ، مهما كانت ضئيلة ، تعتبر أساسية للحياة ٠

وبعض الانزيمات لا تؤدى وظائفها بشكل سليم الا مع وجود ذرة أحد المعادن فى بنيتها ، وذلك يوضح مدى أهمية وجود كميات طفيفة من بعض أنواع المعادن فى الغذاء مثل النحاس والمنجنيز والموليبدينوم ٠ وفى المقابل هناك بعض السموم التى تكفى كميات ضئيلة منها لانهاء حياة الانسان عن طريق ابطال مفعول الانزيمات والانزيمات المساعدة ٠

ولكن لماذا لا يستطيع الجسم البشرى تكوين نسبة النيكوتيناميد فى الانزيم المساعد ، رغم أنه يكون بقية الجزىء بلا مشاكل ؟

من شأن بعض صور الحياة ان تكون كل البنيات الجزيئية المعقدة التى تحتاجها فى وظائفهـا ، وتبـدأ تلك العمليـة باستخدام أبسط الجزيئات الموجودة فى البيئة حتى من قبل وجود الحياة نفسها ٠

فالنبات على سبيل المثال يعتمد على الماء وثانى أكسيد الكربون وبعض العناصر المعدنية الموجـودة فى البحـر أو التربة ، ويستخدم الطاقة المستمدة من أشعة الشمس ، وهى موجودة أيضا من قبل ظهور الحياة ، ليـكون كل العنـاصر التى يحتاجها ٠

وتحصل الكائنات الحية الدقيقة والخلايا الحيوانية ـ التى لا تصلح أشعة الشمس كمصدر وحيد للطاقة التى تحتاجها ـ على الطاقة عن طريق أكسدة المواد العضـوية التى تنتجهـا أصلا النباتات ٠ وبهذه الطاقة تبدأ تلك الكائنات فى تكوين الجزيئات المعقدة ، باستخدام المـواد والعنـاصر البسـيطة نسبيا ٠ انها اذن تعتمد على عالم النبات للحصول على الطاقة وبالتالى لتعيش ٠

(وهناك بعض أنواع قليلة من الكائنات الدقيقة تعتمد فى الحصول على الطاقة على تفاعلات كيميائية لا تشمل أية عناصر عضوية) ٠

ولو تصورنا أن أحد الكائنات يحتاج نوعا من الجزيئات بكميات ضئيلة ، ويمكن أن يحصل عليها جاهزة من الطعام الذى يأكله ، أليس من الوارد اذن أن يفقد ذلك الكائن قدرته على صنع هذه الجزيئات اعتمادا على انه سيحصل عليها من الغذاء الذى يتنـاوله ؟ وكلما كان الحيـوان أرقى وأكثر تعقيدا فى بنيته ازداد هذا الاتجاه لديه ٠

بماذا نفسر ذلك ؟ فى اعتقادنا الشخصى انه كلما كان الكائن أكثر تعقيدا ، زادت حاجته من الانزيمات لتـواجه تعدد الوظائف ٠ فالحيوانات ، على سبيل المثال ، تتميز على

النبات بأن لها عضلات وجهازا عصبيا ، وبالتالى فهى بحاجة لتفاعلات تستوجب وجود انزيمات يعيش النبات بدونها ·

واذا كان هنـاك بعض العنـاصر من مكونات الخـلايا مطلوبة بكميات ضئيلة للغاية ، فلماذا يتكبـد الجسـم عناء تصنيعها ؟ أليس من الأفضل الحصـول عليهـا من الأغـذية ليفسح المجال لتفاعلات كيميائية أخرى أكثر أهمية ؟ .

ومن ثم ، فمن بين الأحماض الأمينية العشرين الموجودة فى البروتينات بصفة عامة ، يتميز الجسم البشرى بالقدرة على بناء ١٢ منها باستخدام أجزاء من جزيئات أخرى يحصل عليها من الأغذية · ولو كان الطعام لا يحتوى على واحد أو أكثر من هذه الأحماض فان الجسم يتولى تصنيعها ذاتيا ·

أما الأحماض الأمينية الثمانية الأخرى ، فلا يستطيع الجسم البشرى تعويضها ، ولذلك لابد من وجودها بكميـات كافية فى الطعام · ومن ثم تسمى هذه الأحماض « الأحماض الأمينية الأساسية » ، لا لأنها أكثر أهمية من الـ ١٢ الأخرى، ولكن لأن وجودها فى الغذاء هـو الأسـاسى لدرء الاصـابة بالأمراض والنجاة من الموت ·

أما لماذا هذه الثمانية ، فلانها الأحماض الأمينية التى يحتاجها الجسم بأقل كميات ، وبالتالى استغنى عن تصنيعها باعتبار أن الحصول عليها من الأغذية أضمن من الحصـول على أنواع أخرى مطلوبة بكميات أكبر ·

واذا كانت الأغـذية التى تحتـاجها معظم الحيـوانات مقصورة على ما هو متاح فى الطبيعة ، فان الانسان يتميز بالقدرة على الاختيار والمعالجة ، فهو يطهو ويشـوى ويقلى ويجفف ويضع السكر والملح ليحصل على الأنفع والأشهى من المأكولات ·

علاوة على ذلك ، لدينا اليوم الفيتامينـات الصناعيـة والأقراص المعدنية الخ · ومع ذلك ، فمازالت الاحتمالات

قائمــة للاصــابة بالأمراض الناجمــة عن نقص فى بعض العناصر فى الأغذية ، وذلك اما بسبب الجرى وراء المذاق دون حساب الأضرار ، أو نتيجة نقص فى كميات وأنــواع الأغذية فى البيئة المحيطة ، أو من جــراء حالة اقتصــادية حرجة . ولكن أصبح لدينا على الأقل المعرفة التى تعيننا على تجنب مثل هذا المصير لو حظينا بالمال والعقل .

الجزء الثالث

الكيمياء الأرضية

الفصل الحادى عشر

بعيدا ، بعيدا الى أسفل

التقيت منذ بضع سنين مع أحد منتجى هوليود وطلب منى أن أكتب « معالجة » لرحلة الى جوف الأرض بحيث يمكن تحويلها الى فيلم سينمائى .

وقلت له انه قد سبق انتاج فيلم ناجح فى هذا الموضوع، وقام ببطولته « جيمس ماسون » و « بات بون » . فقال انه يعرف ذلك ولكن فن المؤثرات الخاصة قد حقق تقدما مذهلا، بما يتيح انتاج فيلم أكثر ابهارا .

فسألته : «هل تريد معالجة صحيحة من الناحية العلمية؟»

فأجاب بعبقرية : « بالطبع » ، وهو لا يعرف فى حقيقة الأمر ما الذى يزج بنفسه فيه .

وقلت له : « فى هذه الحالة ، لن تكون هناك رحلات الى مغارات سحيقة تحت الأرض ولن تكون هناك ثقوب بالغة العمق ولا عوالم داخلية أو بحار تحتية أو دينوصورات أو أهل كهوف . فالأرض ستكون عبارة عن مادة جامدة ، ولا شىء غير المادة طوال الطريق مع ارتفاع درجات الحرارة بآلاف الدرجات » .

فتردد الرجل وقال بصوت متلجلج : « هل يمكن كتابة قصة مشوقة عن مثل ذلك ؟ » .

فقلت له بهدوء الواثق المحنك : « بكل تأكيد » .

قال : « اتفقنا » .

ولفقت معالجة أعتقد أنها كانت مشوقة وعلمية بدرجة معقولة ، فيما عدا أنى ابتكرت مركبات تخترق الصخور

وتحتفظ بدرجة الحرارة العـادية رغم ما يحيطهـا من مواد منصهرة ٠

وقد قاومت نفسى بشدة لتحجيم خيـالى الجـامح حتى لا أضع مزيدا من اللامعقـول ، وما أن بدات افكر فى انه سيكون هناك أخيرا فيلم يصور بأمانة علمية جوف الآرض ، حتى شعرت أن مراكز القوى فى هوليـود سترفض بشـدة تهتز لها منهاتن فى نيويورك ٠

وأعتقد أنه لو كتبت قصة أخرى عن مثل تلك الرحلة فلابد أن تصور الأرض مفرغة ، تتوسطها شمس صغيرة مشعة وتحتوى على بحار تحتية وديناصورات وأهل كهف ، علاوة على ممثلات جميلات لا يكسوهن سوى ورق التوت ٠

غير أنى لن أشترك فى مثل هذا العمل !!

●●●

ولعلنا نستهل الحديث فى هذا الموضوع بسؤال : ما الذى يجعل الناس يعتقدون أن الأرض مفرغة ؟

قد ترجع الجذور الأولى لمثل هذا الاعتقـاد الى وجـود الكهوف ، وبعضها يتسـم بدرجة من الضـخامة والتشعب المعقد حتى انها لم تكتشف بشكل كامل ٠ ولما كانت بعض الكهوف المعروفة تصل الى أعماق بالغة ، فقد أفسـح ذلك المجال لتصور وجـود كهـوف أعمق فى أماكن لم يكتشـفها الانسان ٠

ومن ناحية أخرى فلا شك أن الفكرة الشائعة عن وجود عالم سفلى تسكنه أرواح الموتى قد بعثت أيضا على الاعتقاد بأن الأرض مفرغة ، لا سـيما بعـدما اكتشـف أن الأرض كروية ٠ وقد تكون « الكوميديا الالهيـة » ، التى ألفهـا « دانتى » ، من أهم الأعمال الأدبية التى صـورت الأرض مفرغة وبداخلها الجحيم الأخروى ٠

وأخيرا ، فان تصور الأرض ككرة مفرغة يتضمن نظرة

درامية حيث يفتح الباب على مصراعيه للخيال وكتابة القصص المشوقة والمغامرات المثيرة ·

وربما كانت أول قصة عن الأرض المفرغة هي تلك التى ألفها الكاتب الدانمركى « لودفيج هولبيرج » (١٦٨٤ ـ ١٧٥٤) باللغةاللاتينية بعنوان: « Nicholas Klim Underground » وقد نشرت هذه القصة فى عام ١٧٤١ ، وسرعان ما ترجمت الى العديد من اللغات الأوروبية · وقد تصور « هولبيرج » فى هذه القصة وجود شمس صغيرة في مركز الكرة الأرضية، يدور حولها عدد من الكواكب الضئيلة بما يكون نظاما شمسيا مصغرا ·

وتناول جون كليف سيمز (١٧٤٢ ـ ١٨١٤) هذه الفكرة بمنظور علمي ، حيث كان مازال على اعتقاده بأن الأرض ليست كروية ولكن على هيئة طوق مقفول ، وأن هناك ثقبين بالغى الضخامة عند القطبين الشمالى والجنوبى ، أو بالقرب منهما ، وأن الثقبين متصلان ببعضهما ·

وكان سيمز ينساق وراء هذا الاعتقاد وهو مرتاح البال ، حيث كانت المناطق القطبية ، فى ذلك الحين من المجاهل الغامضة ، ولم تكن هناك أية وسيلة للتحقق من صحة وجود هذين الثقبين · وقد بدا كتاب سيمز مقنعا للغاية في ذلك الحين ، فمن العادات السائدة منذ قديم الأزل أنه كلما كانت الرواية متسمة بالشطط ازداد ميل الناس الى تصديقها ·

ولاقت الفكرة رواجا عند كتاب الخيال العلمى · فهذا « ادجار ألان بو » (١٨٠٩ ـ ١٨٤٩) يصف فى كتاب نشره عام ١٨٣٣ بعنوان : « Ms Found in a bottle » محنة سفينة وقعت فى دوامة ضخمة فى المناطق القطبية · وكان هناك اعتقاد بأن المحيط يصب مياهه باستمرار فى « الثقب الشمالى » وفقا لنظرية سيمز (وكان لابد من تصور عودة

المياه الى سطح الأرض فى مكان آخر والا لكانت المحيطات قد جفت منذ آمد بعيد) ٠

وابتعد « جول فيرن » (١٨٢٨ ــ ١٩٠٥) فى رواياته عن الثقوب الموجودة فى قاع البحار ، ولكنه تصور فى قصته التى نشرها عام ١٨٦٤ بعنوان : « رحلة الى مركز الأرض » دخول بعض المغـامرين الى جـوف الأرض عن طريق فوهة بركان يقع أيضا فى القطب الشمالى ، ويكتشفون فى رحلتهم وجود محيط داخل الكرة الأرضية ، ويصادفهم العـديد من الحيوانات الغريبة فضلا عن أناس من أهل الكهف ٠

ومن أحدث الكتب نسبيا التى دارت حول نفس الموضوع تلك السـلسلة من القصص التى ألفها ادجار رايس بوروز (١٨٧٥ ــ ١٩٥٠) ، وبدأها بقصة عنوانها : « فى جوف الأرض » ونشرت لأول مرة فى ١٩١٤ ٠

والغريب أنه قد ثبت يقينا منذ عام ١٧٩٨ أن الأرض ليست مفرغة وأن سيمز يقول شططا ٠

كان أول من حسب كتلة الأرض بدرجة دقة معقولة هو الفيزيائى الانجليزى «هنرى كافنديش» (١٧١٣ ــ ١٨١٠)، حيث أعلن فى عام ١٧٩٨ انها تقدر بزهاء ٦ بلايين تريليون طن، ولعل أقرب رقم صحيح لكتلة الأرض هو ٥ر٩٧٦ × ١٠^٢١ (أى ٦ بلايين تريليون تقريبا) ٠ وبقسمة ذلك الرقم على مقدار حجم الأرض يتضح أن متوسط كثـافة مادة الأرض يعادل ٥٥١٨ كيلوجراما / المتر المكعب ٠

غير أن كثافة الصخور على سطح الأرض تساوى تقريبا ٢٦٠٠ كجم/م٣ ، بينما تربو قليلا كثافة مياه المحيطات على ألف كجم/م٣ ٠ وبمقارنة هذه الأرقام يثبت لنا أن الأرض لا يمـكن أن تكون مفرغة ، بل العـكس هـو الصحيح ، أى أن جوف الأرض لابد انه يتكون من مواد ذات كثافة تفـوق كثيرا كثافة المواد الموجودة على السطح ٠

ولننظر الى المسـألة بطريقه اخرى ، فلو افترضنا ان كتلة الأرض هى ٦ بلايين تريليون طن وأن هذه الكتلة تتركز (بطريقة ما) فى قشرة رقيقة نسبيا تغلف فراغا داخليـا ، ماذا كان سيحدث ؟ ان قوة الجاذبية بالنسبة لمثل هذا المقدار من الكتلة ستكون من الضخامة بحيث تؤدى الى انهيار هـذه القشرة وانقباضها وتقلصها الى كرة (أو الى جسم بيضاوى نتيجة الدوران حول محوره) • وبالتـالى فمن غـير الوارد مطلقا وجود أية تجاويف داخليـة والا لكانت الجاذبيـة قد سحقتها •

صحيح أن هنـاك كهوفا ومغارات غـير أنها لا تمثـل الا ظواهر سطحية بحتة كنوع من عدم الانتظام فى القشرة الأرضية شأنها فى ذلك شأن الجبال والوديان •

★★★

ولو تجاهلنا جنون العلماء وجموح كتاب الخيال العلمى ، واعتبرنا الأرض بهذه الكثافة وانهـا غـير مفرغة ، نجـد أنفسنا أمام السؤال الثانى : ما الذى يتكون منـه جـوف الأرض ؟

ليست هناك اجابة سهلة على هذا السؤال ، فليس هناك من وسيلة تمكننا أن نتعرف بشكل مباشر على مادة الأرض فى أعماق تزيد على بضعة كيلو مترات تحت سطحها • ويشعر العلماء اليوم بشىء من الحرج ، فبينما هم قد انطلقوا فى الفضاء ، وقطعوا ٣٨٠ ألف كيلو مترا فوق سـطح الأرض وأحضروا صخورا من عـلى سطح القمر ، لم يسـتطيعوا أن يتعمقوا لأبعد من ١٥ كم فى جوفهـا • ومن ثم نعتقد أن الوصول لمركز الارض عـلى عمق ٦٤٠٠ كم سـيبقى أمرا مستحيلا لزمن طويل طويل •

غير أن دراسة سطح الأرض تتيح لنا الخـروج ببعض الاستنتاجات • فنحن نعرف عـلى سبيل المثال ، أن القشرة

الأرضية تتسم بطبيعة صخريه ، ولذلك فان أبسط استنتاج يتبادر الى الأذهان هو أن مادة الأرض كلها هي مادة صخرية . ويقتضي ذلك الاستنتاج أن ترتفع كثافة الصخور كلما ازداد عمقها ، حيث يتضاعف تدريجيا وزن الصخور التى تضغط على الطبقات الداخلية كلما ابتعدنا عن سطح الارض ، وكلما زاد الضغط ارتفعت الكثافة .

وقد يكون مناسبا أن ندرس رد فعل الصخور عند تعرضها لضغوط عالية . ورغم أن العلماء لم يتوصلوا الا حديثا الى تكوين ضغوط (ان كانت لحظية) تقترب من قيمة تلك الموجودة فى جوف الأرض ، فقد تبين أن الصخور لن تنضغط الى درجة تصل بكثافتها الى القيمة التى تجعل متوسط كثافة مادة الأرض تعادل ٥٥١٨كم/م٣ . من الواضح اذن أن جوف الأرض يتكون من مادة أكثر كثافة من الصخور، لتتحمل مثل هذه الضغوط العالية .

وفرضت هذه المادة نفسها فى وقت مبكر .

فبينما كان الفيزيائى الانجليزى وليم جيلبرت (١٥٤٠ ــ ١٦٠٣) يجرى فى عام ١٦٠٠ تجاربه على كرة مصنوعة من مادة مغناطيسية تسمى « مغنيتيت » ، أو « حجر المغناطيس » (وهى خام أكسيد الحديد الموجود فى الطبيعة) لاحظ أن الابرة المغناطيسية تتحرك ، عندما يقربها من الكرة المغناطيسية ، بنفس الطريقة التى تتحرك بها كرد فعل للمجال المغناطيسى للأرض . وكان الاستنتاج البدهى بالطبع هو أن الأرض ذاتها هى كرة مغناطيسية .

ولكن لماذا يكون لها خصائص مغناطيسية ؟ لا سيما وأن كل الصخور المكونة لقشرة الأرض لا تتسم من قريب أو بعيد بهذه الخاصية ، باستثناء المغنيتيت ولكنه لا يشكل الا نسبة بالغة الضآلة . ومع ذلك نفترض أن جوف الأرض مكون من هذه المادة : تبلغ كثافة المغنيتيت ، بدون أى ضغوط

٥٢٠٠ كجم/م٣ أى ضعف قيمة كثافة الصخور ، وتظل هذه الكثافة أعلى من كثافة الصخور فى حالة التعرض لضغوط عالية ، ولكنها مع ذلك لا تصل الى المقدار المنشود الذى يحقق المعادلة المطروحة ٠

ولنفترض بعد ذلك أن جـوف الأرض مكـون من كتلة مصمتة من الحديد ٠ فمن شأن الحديد أن يكتسب الخصائص المغناطيسية ، كما أن كثافته تصل فى ظل الضغط العادى الى ٧٨٦٠ كجم/م٣ ، أى ثلاثة أمثال كثافة الصخور عـلى سطح الأرض ، وتلك قيمة كافية لتحقيق المعادلة ٠

وفى العشرينات من القرن التاسـع عشر اقتنع العلماء بأن النيازك هى عبارة عن كتل من المادة الصلبة التى تسقط على الأرض من الفضاء الخارجى ٠ وعندما درسوا مثل تلك النيازك توصلوا الى أنهـا تنقسـم الى نـوعين رئيسيين هما النيازك الحجرية والنيازك المعدنية ٠ ويتكون النـوع الأول أسـاسا من مـواد لا تختلف كثيرا عن تلك المـكونة لقشرة الأرض ، أما النوع الثانى فهو يتـكون فى معظمه من خليط من الحديد والنيكل بنسبة ٩ : ١ ٠ (ويتميز النيكل أيضـا بالخصائص المغناطيسية ، ومن ثم يصلح هـذا المزيج ليكون مغناطيسا كوكبيا جوفيا) ٠

وكان هناك اعتقاد شائع فى مطلع القرن التاسع عشر بأن الكويكبات السيارة هى عبارة عن بقايا كوكب كان له مدار متوسط بين مدارى المريخ والمشترى ، وأن هذا الكوكب قد انفجر لسبب أو لآخـر ٠ وبدا منطقيـا أن يفترض أن الطبقات الخارجية لهذا الكوكب كانت ذات طبيعة صخرية ، بينما تتكون الطبقات الداخلية من الحديد والنيـكل ، ومن ثم كانت هذه البقايا مصدرا لتلك النيازك بنوعيها ٠

وفى عام ١٨٦٦ طرح الجيولوجى الفرنسى « جابرييل أوجوست دوبريه » (١٨١٤ ـ ١٨٩٦) نظرية مفادها أن

الأرض ايضا قد تكون مكونة فى بنيتها الأساسية من غلاف صخرى يحيط بجوف من الحديد والنيكل ·

غير أنه كان هناك أكثر من مجرد اختلاف كيميائى بين جوف الأرض وسطحها ، ويؤيد ذلك ما بدا واضحا من ان جوف الأرض هو مصدر للحرارة · وتعد الثورات البركانية دليلا على ذلك ·

وقد ظهرت بعد ذلك براهين أكثر دقة على وجود الحرارة الجوفية · فلقد كانت هى ، على سبيل المثال ، المصدر الأكثر ترجيحا لذلك القدر الهائل من الطاقة الكائنة وراء الزلازل· ثم كانت تلك الصخور الموجودة على سطح الأرض ، والتى تتسم بنيتها بالشكل البلورى الذى يحتاج الى درجات حراره وضغوط بالغة ، بما يوحى بأنها كانت موجودة فى وقت من الأوقات على عمق كبير فى جوف الأرض · علاوة على ذلك ، فعندما بدأ الانسان عمليات الحفر بحثا عن المعادن لاحظ أن درجات الحرارة ترتفع كلما ازداد الحفر عمقا ·

ولكن من أين تأتى هذه الحرارة ؟ أرجعت احدى نظريات نشأة الأرض تلك الحرارة الى أن كواكب المجموعة الشمسية كانت كلها فى الأصل جزءا من الشمس ، ومن ثم كانت الأرض فى بدايتها على نفس درجة حرارة الشمس ثم بردت على مر العصور · وقد انخفضت حرارة القشرة الخارجية بدرجة تتيح تحولها الى الحالة الصلبة ، ولكن بما أن الصخور تعد عازلا حراريا فلم تسمح بتسرب الحرارة الداخلية الا بمعدل بطىء ، ولذلك مازال جوف الأرض ساخنا · وقد حاول بعض العلماء تقدير المدة اللازمة لأن تنخفض درجة حرارة الأرض على نحو ما جرى ، وانتهوا الى أن عمر الأرض لا يتجاوز بضع عشرات الملايين من السنين ·

غير أن نظرية انحدار الأرض من الشمس تراجعت تدريجيا · فقد اتضح أن التفاصيل الميكانيكية المتصلة

بعملية انفصال الكواكب عن الشمس، واستقرارها بعد ذلك فى مداراتها الحالية ، وعلى المسافات الحالية ، تعد مسألة بالغة الصعوبة • علاوة على ذلك ، فبحلول العشرينات من القرن العشرين صار واضحا أن درجة الحرارة فى جوف الشمس تزيد بدرجة هائلة عن سطحها ، وبالتالى فان آية كتلة تتطاير من الشمس لن تتحول الى كوكب ولكنها ستتبخر فى الفضاء •

أما النظرية المقبولة اليوم ، فترجع فى الأصل الى عالم فلك فرنسى يدعى بيير سيمون دى لابلاس (١٧٤٩ ــ ١٨٢٧) وطرحها فى عام ١٧٩٨ ، ثم أدخل عليها عالم الفلك الألمانى كارل فريدريك فون فايتسكر (١٩١٢ ــ) تعديلات كبيرة فى عام ١٩٤٤ ، ووضعها فى صورتها الحالية •

تقول تلك النظرية ان الشمس والكواكب تكونت كلها فى وقت واحد ، عن طريق التراكم التدريجى لأجسام أقل حجما • اذن فدرجة الحرارة العالية فى جوف الأرض هى نتيجة تحول الطاقة الحركية الى حرارة •

علاوة على ذلك فقد اتضح فى العقد الأول من القرن العشرين أن هناك عناصر مثل اليورانيوم والثوريوم ، ونظائر عناصر أخرى أكثر شيوعا مثل البوتاسيوم والروبيديوم ، تتعرض لانشطار ذرى اشعاعى يسفر عن تولد الحرار • صحيح أن كمية الحرارة الناجمة عن تفاعل الكجم الواحد فى الثانية الواحدة ضئيلة للغاية ، ولكن اجمالى الانتاج يكفى لتوليد قدر هائل من الحرارة • وظل هذا التولد الحرارى مستمرا مع معدل انخفاض محدود على مدى بلايين السنين •

لم تكن درجة حرارة جوف الأرض تنخفض اذن بالسرعة التى استند اليها العلماء فيما مضى ، فى تقدير عمر الأرض

بزهاء ٢٥ مليون سنة . اما التقدير الحالى لهذا العمر فهو ٤٦٠٠ مليون سنة ، وهذا هو عمر المجموعة الشمسية ككل .

وبغض النظر عن مصدر الحرارة الجوفية للأرض ، وعن المعدل الذى انخفضت به حتى وصلت الى مقدارها الحالى .. يبقى السؤال مطروحا بشأن حالة جوف الأرض .

ويبعث ارتفاع درجة الحرارة على هذا النحو فى عمق الأرض على الاعتقاد بأن أى شىء يقع على مسافة ٨٠ كم من سطح الأرض أو أكثر ، هو فى حالة منصهرة سائلة ، وذلك يعنى أن الأرض كانت فى الأصل عبارة عن كرة ضخمة من السوائل تحيط بها قشرة صلبة رقيقة نسبيا . غير أن الفيزيائى الأسكتلندى لورد كلفين (١٨٢٤ ـ ١٩٠٧) اعترض على تلك الفكرة دافعا بأن مثل تلك القشرة الرقيقة الصلبة ستكون من الضعف بحيث لا تستطيع مقاومة تأثيرات المد والجزر الواردة من الشمس والقمر . والواقع أن شدة تأثير المد والجزر على سطح الأرض تبعث على الاعتقاد بأن الأرض ككل هى عبارة عن كرة صماء من الصلب .

وفى مطلع القرن العشرين ، ساد اعتقاد بضرورة وجود قوة تلاشى تأثير مثل تلك الحرارة الهائلة فى جوف الأرض : وتكمن هذه القوة فى الضغوط العالية . صحيح أن الحرارة مرتفعة لدرجة تصهر الصخور والمعادن ، ولكن فى ظل الضغط العادى على سطح الأرض ، أما الضغوط المتزايدة مع العمق فهى تكفل احتفاظ المواد بحالتها الصلبة حتى مع بلوغ درجة الحرارة فى مركز الأرض ستةآلاف درجة مئوية .

غير أن تلك النتائج أوجدت مشكلة ! كان الكيميائى الفرنسى بيير كورى (١٨٥٩ ـ ١٩٠٦) قد أثبت فى عام ١٨٩٥ أن المواد المغناطيسية تفقد خصائصها لو ارتفعت درجات الحرارة عن حد معين (حد «كورى») لكل مادة ، ويبلغ ذلك الحد بالنسبة للحديد ٧٦٠ درجة ، وتلك قيمة

تقل كثيرا عن درجة الحرارة الجوفية · فهل جوف الأرض لا علاقة له بمغناطيسيتها ؟ · شكل هذا السؤال لفترة لغزا محيرا ·

وكان العلماء قد بدءوا فى أواخر القرن التاسع عشر يدرسون بالتفصيل ظاهرة الزلازل ، وسرعان ما اكتشفوا بطريق الصدفة تقنية جديدة لدراسة جوف الأرض ·

وكان أول جهاز فعال لقياس الزلازل عن طريق رصد موجات الاهتزاز الناجمة عنها ، قد ابتكر عام ١٨٥٥ واخترعه الفيزيائى الايطالى لويجى بالميرى (١٨٠٧ ـ ١٨٩٦) ، ثم أدخل عليه الجيولوجى الانجليزى جون ميلن (١٨٥٠ ـ ١٩١٣) تعديلات كبيرة فى عام ١٨٨٠ ، ونشر سلسلة من الأجهزة في اليابان وغيرها لدراسة هذه الظاهرة · ومع هذا الرجل بدأ علم الزلازل الحديث ·

وقد أدى نشر أجهزة الرصد فى مواقع مختلفة الى قياس سرعة انتشار الزلزال خلال القشرة الأرضية · وتعتمد فكرة القياس على الفوارق الزمنية فيما بين الأجهزة فى رصد الموجات الاهتزازية ، وبمعرفة المسافة التى تفصل بين موقع الجهاز ومركز الزلزال يمكن بسهولة حساب سرعة انتشاره ·

وفى عام ١٨٨٩ رصدت الأجهزة فى ألمانيا اهتزازات زلزال وقع فى اليابان قبل ٦٤ دقيقة فقط · ولو كانت موجة الذبذبات قد انتشرت خلال السطح المنحنى للأرض بالسرعة المعروفة لما كانت قد رصدت فى ألمانيا فى مثل هذا الوقت القصير · واستنتج العلماء من ذلك أن الموجة سلكت طريقا مختصرا ، وهو الطريق المستقيم عبر جوف الأرض ·

وفى عام ١٩٠٢ أثبت الجيولوجى الأيرلندى ريتشارد ديكسون أولدهام (١٨٥٨ ـ ١٩٣٦) ـ لدى دراسته الموجات الاهتزازية الواردة من جواتيمالا اثر وقوع زلزال بها ـ أن

سرعة انتشار هذه الموجات فى صبقات الأرض الأكثر عمقـا تقل عنها فى الطبقات الأقل عمقا ٠

ومن شـأن المـوجات الاهتزازية أن تواجه ظاهرة تغير سرعة الانتشـار مع اختـلاف الأعماق بأن تتخذ مسـارا منحنيا ، وأحيـانا ما يكـون الانحراف حادا مثـل الموجات الضوئية التى تنحرف وتنكسر لدى انتقالها من الهـواء الى الزجاج والعكس ، أو مثل موجات الصوت التى تنحرف لدى مرورها عبر طبقات الجو مختلفة الكثافة أو الحرارة ٠

ونتيجة المسار المنحنى الذى تسلكه الموجات الذبذبيـة لدى مرورها عبر الطبقات الداخلية للأرض ، تصـل هـذه الموجات الى أماكن على سطح الأرض دون غيرها ، وقد يسـفر ذلك عن « منطقة ظل » لا يشعر فيها المرء بالزلزال ، رغـم وصول الموجات الى مناطق أخرى أقرب وأبعد من « منطقـة الظل » بالنسبة لمركز الزلزال ٠

وبدراسة طبيعة « منطقة الظل » والزمن الذى استغرقته موجات الزلزال لتصل الى مناطق مختلفة عـلى سـطح الأرض أثبت الجيولوجى الألمانى بينو جوتنبيرج (١٨٨٩ ـ ١٩٦٠) فى عام ١٩١٢ أن المـوجات تتعرض لانخفـاض مفـاجىء وشديد فى سرعتها ، فضلا عن تغير حاد فى اتجاه انتشـارها عندما تصل عمق معين ، وحدد هذا العمق بحوالى ٢٩٠٠ كم تحت سطح الأرض ٠

ولقد بلغ من شدة تغير سرعة الموجات واتجاهها أن اعتبر هذا العمق عمقا فاصلا أطلق عليه (حد جوتنبيرج) ويقسم الأرض فيما يبـدو الى منطقتين رئيسيتين : المنطقة الأولى عبارة عن كرة مركزية نصف قطرها ٢٩٠٠ كم وتتكون وفقا لهذا الافتراض من مزيج من الحديد والنيكل ٠ ويحيط بهذه الكرة « غلاف » صخرى يكون باقى الأرض ٠

وتتحرك الموجات فى كل من منطقتى الغلاف والجوف فى مسارات منحنية انحناء خفيفا ، بما يدل على تزايد الكثافة تدريجيا مع العمق فى كل منطقة على حدة ٠ وهكذا تبدأ الكثافة على سطح الأرض ب ٢٦٠٠ كجم/م٣ وتزيد شيئا فشيئا حتى تصل الى حوالى ٥٧٠٠ كجم/م٣ على عمق ٢٩٠٠ كم ، ثم تقفز فجأة الى ٩٧٠٠ كجم/م٣ ، وبعد ذلك تواصل ارتفاعها التدريجى حتى تصل عند مركز الأرض تماما الى ١٣٠٠٠كجم/م٣ ٠ وتتفق هذه الأرقام مع نظرية تقسيم الأرض الى غلاف صخرى وجوف معدنى من الحديد والنيكل ٠

وفى دراسة لزلزال آخر وقع عام ١٩٠٩ فى منطقة البلقان، رصد الجيولوجى الكرواتى أندريا موهوروفيشتيش (١٨٥٧ ـ ١٩٣٦) تغيرا حادا فى سرعة انتشار الموجات وذلك عند عمق ٣٠ كم تقريبا (حد موهوروفيشتيش)، وهذا يعنى أن الغلاف الصخرى له هو الآخر طبقة خارجية تسمى عادة « القشرة » ٠

ويتكون كل من الغلاف والقشرة من مواد صخرية ، غير أن تلك المواد تختلف فى تركيبها الكيميائى ، فالقشرة تتسم بأنها غنية بسيليكات الألومنيوم ، بينما يتميز الغلاف بارتفاع نسبة سيليكات المغنيسيوم فى تركيبته (وذلك وفقا للبيانات المستنتجة من الزلازل ووفقا للمقارنة المعملية لسرعة انتشار الموجات فى الصخور مختلفة التركيب) ٠

غير أن السؤال المتعلق بحالة المواد فى الأرض ـ هل هى سائلة أم صلبة ـ ظل مطروحا ، وان كانت معظم الآراء حتى عام ١٩٢٠ تميل الى أنها صلبة ٠

وكانت المعلومات الجديدة عن النشاط الاشعاعى قد عززت الاعتقاد السابق بأن الضغط الشديد فى جوف الأرض يحفظ المواد فى حالتها الصلبة ٠ فقد توصل العلماء الى أن المواد المشعة ، مثل اليورانيوم والثوريوم وغيرهما ، تتركز فى الغلاف الأرضى وربما فى الطبقات العليا من ذلك الغلاف،

حيث ان مركبات هـذه العنـاصر تمتزج مع الصخور بشـكل أيسر من مزيج الحديد والكروم • ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن درجة حرارة الغلاف قد تكون أعلى من حرارة الجـوف ، بل قد لا تتجاوز الحرارة فى جوف الأرض « حد كـورى » وبالتالى فهو يتسم بالخصائص المغناطيسية •

وهناك نوعان من موجات الزلازل : النوع الأول هـو النوع « العرضى » حيث تحدث الذبذبة لأعلى وأسفل بشـكل عمودى على اتجاه انتشار الموجة وهى تشبه موجات الضـوء ويطلق عليها « الموجات اس • » (S waves) • أما النـوع الثانى فهو « الموجات الطولية » وهى مثل موجات الصـوت حيث تحدث الذبذبة للداخل والخارج فى نفس اتجاه انتشار الموجة وهذه تسمى « الموجات بى • » (P waves) .

ومن شأن الموجات الطولية أن تنتشر فى أى وسط سواء أكان صلبا أم سائلا أم غازيا ، أما المـوجات العرضية فهى تنتشر فى المواد الصلبة وعلى أسـطح السـوائل ، ولكنهـا لا تتحرك فى الوسطين السائل والغازى •

وكان أولدهام هو أول من لاحظ وجود هذين النوعين من موجات الزلازل ، غير أنه لاحظ أيضا فى عام ١٩١٤ أنه لم يرصد مطلقا أية موجات عرضية مرت عبر الكرة الجوفية ، مما بعثه على التساؤل : هل جوف الأرض فى حالة سائلة ؟

ولكن جوتنبرج كان شديد الاقتناع بأن جـوف الأرض صلب حتى أن الجيولوجيين لم يقتنعوا بصفة عامة الا فى عام ١٩٢٥ بأن الموجات العرضية لا تمر بجوف الأرض ، ومـع ذلك ظلوا مترددين بشأن حالته السائلة •

غير أن عالم الفلك الانجليزى هارولد جيفرى (١٨٩١ ـ) أثبت فى عام ١٩٢٦ أن درجة الصـلابة فى الغـلاف الأرضى المستمدة من بيانات الموجة الزلزاليـة ، تفوق كثيرا متوسط درجة صلابة الأرض ككل ، وهو مبنى على حسابات

المد والجزر ، وهذا يعنى أن جوف الارض لابد أن يكون أقل صلابة من القيمة المتوسطة ، وبالتالى يمكن بالفعل أن يكون سائلا • ومنذ ذلك الحين اقتنع العلمـاء بأن جـوف الارض يتكون من مزيج من الحديد والنيكل فى حالة سائلة •

ولا شك أن درجة الحرارة في مثل هـذا الجوف السائل ستكون أعلى من « حد كورى » ، ولكن من شأن دوران الأرض أن يوجـد دوامات فى هـذه الـكرة السـائلة تولد تأثيرات كهرومغناطيسية ، وهذه هى التى تكسب الأرض مجالهـا المغناطيسى •

وأخيرا ، وفي عام ١٩٣٦ ، لاحظت جيولوجية دانمركية تدعى انجى ليهمان أن الموجات الطوليـة التى تنتشر خـلال الجوف العميق بالقرب من مركز الأرض ، تتعرض لارتفاع مفاجىء طفيف فى سرعتها ، فاستنتجت أن هنـاك « كـرة جوفية داخلية » يبلغ نصف قطرها ١٢٥٠كم •

ولكن ما هو الفارق بين الجوف الداخلى والجوفالخارجى؟ لا جدال بشأن الحالة السائلة للجوف الخارجى، أما فيما يتعلق بالجوف الداخلى، فتميل الآراء الى أن الضغوط فيه ربما تكون عالية بدرجة تبعث على تحـول مزيج الحـديد والنيكل من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة •

هذه هى المعلومات المتوفرة حاليا عن تكوين الأرض ، غير أنه ثمة بعض الجدل بشأن التركيب الكيميائى الدقيق للجوف ، حيث يقول بعض العلماء ان مزيج الحديد والنيكل النقى قد يكون أكثر كثافة من القيمة المقدرة وفقا لمتوسط كثافة الأرض ككل ، وبالتالى فهم يفترضـون وجـود كمية كبيرة من الاكسجين فى هذا الجوف لتقليل قيمة الكثـافة • ويعنى ذلك أن الجوف قد يكون مؤلفا من النيـكل والحـديد الصدىء •

وفى ختام هذه المقالة نقول ان الكرة الداخلية الصلبة تشكل زهاء ٨ر٠٪ من جسم الأرض بينما يمثل الجوف الخارجى السائل حوالى ٤ر١٥٪ والغلاف الصخرى ٨ر٨٢٪ وأخيرا القشرة نحو ١٪ .

أما من منظور الكتلة ، فيشكل الجوف المعدنى (الخارجى والداخلى) حوالى ثلث كتلة الأرض بينما تشكل الطبقات الصخرية (الغلاف والقشرة) الثلثين الآخرين .

الجزء الرابع

الفَلَكُ



الفصل الثانى عشر

الوقت فى غير موعده

من أصعب الأمور فى الحياة أن يتقيد المرء دائما بالوقت . فعندما كنت طفلا كان محتما أن أنزل كل يوم مبكرا وفى ساعة محددة لتوصيل الأوراق الخاصة بمتجر الحلوى الذى يمتلكه والدى للعملاء قبل أن يتوجهوا الى أعمالهم .

وكان لزاما أن أتوجه الى المدرسة فى الموعد المحدد والا اعتبرنى المشرف متأخرا وأبلغ أسرتى بذلك . ولما كانت والدتى أوروبية فلم يكن من طبعها أن تترك مثل تلك الجريمة تمر دون عقاب ، وليت يدها كانت خفيفة ساعة الحساب .

حتى برامج الراديو كانت كلها بمواعيد ولم أكن أريد أن تفوتنى .

وكم كانت سعادتى طاغية عندما لبست أول ساعة فى يدى . الآن سأتحكم فى الوقت ! ولن أتأخر مطلقا بعد ذلك .. أو على الأقل ، لو كنت أنوى التأخر فسوف أعرف مسبقا أنى سأتأخر ، فأتأخر .

ولم أكن أخلع الساعة من معصمى الا عند الاستحمام أو النوم ، وحتى فى هذه الحالة الأخيرة كانت هناك ساعة مكتب مضيئة بجوارى بحيث أعرف الوقت بمجرد أن أفتح عينى .

وعندما تكون الساعة فى يدى أشك أن تمر خمس دقائق دون أن ألقى نظرة سريعة على معصمى ، لا لشىء الا لأعرف

الوقت ٠٠ وقد لا أكون بحاجة لذلك ، وقد لا تفيدني تلك المعلومة بشيء ، ولكن ذلك لا يغير من الأمر شيئا ٠

وكانت تلك العادة توقعني أحيانا في مواقف محرجة لا سيما في أيام الشباب ، فكثيرا ما كانت تلح على هذه الرغبة وأنا أغازل فتاة حسناء فلا يخطر ببالها الا شيء واحد وهو أني قد سئمتها وأريد التخلص منها ، وما تلبث تلك اللحظات الجميلة أن تنتهي قبل حتى أن تبدأ ، فأجدني ألعن تلك العادة ٠

وخطر لى ذات مرة أن أشرح لرفيقتي قواعد اللعبة منذ البداية فتخيلت أني أقول لها : « انظري يا عزيزتي ٠٠ أنا مصاب بداء النظر الى معصمي كل خمس دقائق ٠٠ وذلك لا يعني أى شيء بالمرة » ٠

وأغلب الظن أنها كانت سترد على قائلة : «صحيح هذا ؟ اذن فلتخلع ساعتك وضعها هنا فوق هذه المنضدة وأدر وجهها بعيدا عنك » ٠

ولا أكذبكم القول أن ذلك كان سيقتل رغبتي في الاستمتاع بذلك الوقت ٠

على أية حال ، فلنتحدث عن الوقت ٠

●●●

كان الناس قديما ــ قبل اختراع الساعات الدقيقة ــ يعرفون الوقت من ساعة كبيرة مثبتة في برج كنيسة مقامة في أعلى نقطة في المدينة بحيث يراها كل الناس ٠ وكانت أجراس الكنيسة تدق كل ساعة معلنة الوقت ، ومن هنا سميت الساعة بالانجليزية « clock » وهو اسم مستمد من كلمة « cloche » الفرنسية بمعنى « الجرس » ٠

أما الذين كانوا يعيشون في المناطق الريفية فلم تكن لديهم « ساعة مدينة » ، وكانوا يعرفون الوقت من ساعة

السماء ، كأن يقول الرجل لغلمانه : « هيا اربطوا الجياد ٠٠ لقد تأخرنا ٠٠ فقد استوى النجم « الدب الأكبر » فى خط البصر مع قمة الجبل » ٠

وكان الناس قد عرفوا منذ زمن بعيد أن النجوم تتحرك بانتظام فى السماء ويمكن للمرء أن يقدر الوقت تبعا لموقعها وللفصل المناخى ٠

ولو أشار المرء بأصبعه الى السماء فوق رأسه مباشرة فسوف يشير الى « السمت » (Zenith) وهو لفظ مستمد من الكلمة العربية « سمت الرأس أى فوق الرأس » ٠ ولو حرك المرء ذراعه شمالا وجنوبا مرورا بالسمت فسوف يرسم خطا وهميا فى السماء يقسمها الى نصفين ، ويسمى ذلك الخط الوهمى « خط الزوال » أو (meridian) وتعنى فى اللاتينية « منتصف النهار » ٠

ويعزى سبب تلك التسمية الى أن أى جرم سماوى يتحرك من الشرق الى الغرب يقطع خط الزوال فى منتصف الطريق ، ويشكل ذلك بالنسبة للشمس منتصف النهار ٠ ولا يتقاطع بالضرورة مسار الاجرام السماوية مع خط الزوال عند نقطة السمت ، وغالبا ما تأتى نقطة التقاطع شمال السمت أو جنوبه ، غير أن خط الزوال يقطع فى جميع الأحوال مسارات الأجرام السماوية فى منتصفها ٠

ولو رصدنا لحظة مرور نجم ما عبر خط الزوال ذات ليلة ، وتابعنا تلك اللحظة فى الليالى التالية فسنجد أن الفاصل الزمنى بين تلك اللحظات متساو بدرجة كبيرة من الدقة ٠ ولا يبعث ذلك على الدهشة ، حيث ان مرور النجوم عبر السماء انما يعكس حركة دوران الأرض حول محورها ، وتجرى تلك الحركة بالطبع بمعدل ثابت ٠

وقد يتساءل المرء لماذا نتحمل عناء قياس الفواصل بين لحظات مرور النجم عبر خط الزوال بينما هذا الخط هو

خط وهمى ومن الصعب تحديده ؟ لماذا لا نقيس الفواصل بين لحظات الشروق أو لحظات الغروب ؟

ويرجع السبب فى ذلك الى أن خط الأفق عادة لا يكون منتظما ، وحتى اذا كان مستويا فغالبا مايحجبه الضباب فضلا عن أن ظاهرتى الامتصاص الجوى والانكسار الضوئى قد تجعلان عملية الرصد غير دقيقة • وكلما علت الأجرام فى السماء كانت أيسر وأدق فى رصدها ، لا سيما لحظة تقاطعها مع خط الزوال •

ويطلق على الفاصل الزمنى بين لحظتى مرور نجم ما عبر خط الزوال في ليلتين متتاليتين « اليوم النجمى » (sidereal day) ــ وكلمة (sidereal) مستمدة من كلمة لاتينية بمعنى « برج » أو « نجم » ــ وتعريفه هو أنه مدة دوران الأرض دورة كاملة بالنسبة للنجوم ، أى بالنسبة للكون بصفة عامة •

ويشكل اليوم النجمى موضع اهتمام بالنسبة لعلماء الفلك ، أما عامة الناس فهم عادة يكونون نائمين أثناء الليل، وحتى لو كانوا مستيقظين فهم لا يعيرون اهتماما كبيرا، لمواقع النجوم وتحركاتها •

غير أن الناس يكونون مستيقظين أثناء النهار ولابد أنهم يتابعون مواقع الشمس من الشروق الى الغروب ، فكل أنشطة الانسان مرتبطة بحركة الشمس ، وبالتالى تكتسى لحظة مرور الشمس بخط الزوال أهمية بالنسبة للناس •

ولا يمكن للمرء بالطبع أن ينظر الى الشمس مباشرة والا أصيب بالعمى ، ولكنه ليس بحاجة لذلك •• فالشمس تحدث ظلالا يمكن متابعتها بقدر أكبر من السهولة والراحة ، وهى فى نفس الوقت تعد انعكاسا دقيقا لحركة الشمس •

فلو ثبتنا عمودا فى الأرض فسنجد أنه يلقى عند شروق

الشمس بظل طويل فى اتجاه الغرب ، وكلما ارتفعت الشمس فى السماء قصر ذلك الظل ودار فى نفس الوقت صوب الشمال ، حتى اذا انتصف النهار بلغ حده الأدنى متخذا اتجاه القطب الشمالى (اذا كنا فى المنطقة المعتدلة الشمالية « north temperate zone » ، أى المنطقة الواقعة بين خط الاستواء والقطب الشمالى) ثم يبدأ بعد ذلك فى الاستطالة والاتجاه صوب الشرق الى أن يصل الى حده الأقصى عند الغروب ٠

ولو رسمنا على الأرض خطين للظل لحظتى الشروق والغروب ثم نصفنا الزاوية المكونة بين الخطين ، فسنجد أن الخط المنصف ينطبق تماما مع الخط الواصل بين الجنوب والشمال ٠ وأخيرا ، فاللحظة التى ينطبق فيها ظل العمود مع هذا الخط المنصف هى نفسها التى تقطع فيها الشمس خط الزوال ٠٠ انها منتصف النهار ٠

ويطلق على مثل هذا العمود « الميل » (gnomon) وهو اسم مستمد من كلمة يونانية تعنى « الآن » بما أنها تعد مؤشرا عن الوقت ٠

وقد استغل الناس قديما هذه الظاهرة وابتكروا جهازا لقياس الوقت يتمثل فى عمود مثبت فى طبق على قاعدة ، والعمود مثبت بزاوية ميل فى اتجاه الشمال بحيث يلامس ظله حافة الطبق عند انتصاف النهار (عندما يكون الظل فى أقصر حد له) ويتحرك هذا الظل من الغرب الى الشرق فيما بين شروق الشمس وغروبها ٠ وقد قسمت المسافة بين ظلى لحظتى الشروق والغروب الى ١٢ جزءا ، وكانت هذه هى أول ساعة شمسية أو مزولة ٠

ولكن ما هو سر اختيار الرقم ١٢ ؟ يبدو أنها عادة قديمة ترجع الى ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد فى عهد السومريين ، حيث لم يكن بوسعهم وضع نظام سهل للتعامل بكسور الأرقام ، ولذلك كانوا يفضلون استخدام الاعداد التى تسهل قسمتها

الى أرقام صغيرة صحيحة بدون كسور • ولما كان الرقم ١٢ يقبل القسمة على ٢ ،٣ ، ٤ ، ٦ فقد كان شائع الاستعمال •

وقد أطلق على كل من هذه الأجزاء الـ ١٢ «ساعة» (وهو اسم مستمد من كلمة يونانية تعنى الوقت) •

وكان شروق الشمس هو نقطة الصفر فى هذا التقسيم ، أى أن « الساعة الأولى » كانت بعد ساعة من الشروق « والساعة الثانية » بعد ساعتين من الشروق وهلم جرا • ولذلك فعندما تتحدث التوراة عن « الساعة الحادية عشرة » فذلك لا يعنى الساعة الحادية عشرة صباحا أو مساء حسب التوقيت الحالى ، ولكن يعنى الوقت بعد مضى احدى عشرة ساعة بعد الشروق ، أو بمعنى آخر الساعة قبل الأخيرة فى ساعات النهار وقبل ساعة واحدة من الغروب •

أما كلمة « noon » (أى الظهر بمفهومنا الحالى) فهى كلمة يونانية محرفة أصلها « nine » وتعنى «الساعة التاسعة»، أى الوقت عند ثلاثة أرباع النهار ، أو بمعنى آخر منتصف فترة بعد الظهر • وربما كان ذلك الاسم متصلا بوقت الأكل، وعندما تغير موعد الوجبة الرئيسية كان ارتباط الاسم بالطعام أقوى من ارتباطه برقم تسعة بحيث صارت كلمة « noon » تطلق على منتصف النهار أى الساعة السادسة بعد الشروق ، أو بمعنى آخر الظهر • ولذلك نستخدم اليوم تعبير « قبل الظهر » « وبعد الظهر » ، ولو شئنا استخدام الألفاظ اللاتينية فسنقول « antemeridian » ، أى قبل الزوال واختصارها (AM) ، و « postmeridian » أى بعد الزوال واختصارها (PM) •

ومادام النهار قد قسم الى اثنتى عشرة ساعة كان لابد من تقسيم الليل كذلك •

ولكن ، وكما نعلم جميعا ، فالنهار يطول ويقصر الليل

خلال نصف العام بينما تنعكس الاية خلال النصف الثانى ٠ وينطبق ذلك فى كل مكان على الأرض عدا منطقة خط الاستواء وكلما بعدنا عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا كانت فوارق التغير أكبر ٠

ومن هذا المنطلق فان استخدام الساعة الشمسية يعنى أن مدة الساعة ستطول وتقصر على مدى أيام السنة ٠

غير أن الساعات الشمسية لم تكن الأجهزة الوحيدة المستخدمة لمعرفة الوقت حيث كانت لها عيوبها ، فلا يمكن الاعتماد عليها مثلا فى الأيام غير المشمسة ، وان كان ذلك لا ينطبق على مصر ــ حيث ابتكرت الساعة الشمسية فيما يبدو ــ نظرا لجوها الصحو ٠ كما أن المزولة لا تعمل أثناء الليل ــ حتى فى مصر ٠

ولذلك سعى الناس الى ايجاد آلية أخرى يعرفون بها الوقت ، وفكروا فى استخدام أية ظاهرة تتم ببطء وبمعدل منتظم وحاولوا ربطها بالساعة الشمسية ٠ فاستخدموا على سبيل المثال الشموع المصنوعة بارتفاع معين وقطر معين بحيث تحترق بانتظام ، ويمكن معرفة الوقت بمقارنة الطول المتبقى مع شمعة أخرى سليمة ومدرجة بعدد الساعات ٠ واستخدموا أيضا عملية نقل الرمال أو الماء من وعاء الى وعاء بمعدل منتظم من خلال فتحات ضيقة ٠

غير أنه من العسير استخدام مثل هذه الأجهزة لقياس ساعات تطول وتقصر بحسب فصول السنة ٠ ولذلك كان من الأيسر تحديد مدة ثابتة للساعة أيا كان الوقت ليلا أو نهارا، وعلى مدار السنة كلها ٠ ومنذ ذلك الحين أصبحت الساعة مدة ثابتة مقدارها ١/٢٤ من مدة اليوم ٠

ولكن كان هناك سؤال ٠٠ فى أى وقت يبدأ اليوم ؟ كان من الطبيعى أن يفكر الناس فى بدء اليوم مع شروق الشمس، أو الحل الآخر أن ينتهى اليوم مع الغروب ويبدأ اليوم الجديد فى هذا الوقت ٠

وقد اختار الناس من سكان جنوب غرب آسيا ، ومن بينهم اليهود ، أن يكون الغروب هو بداية اليوم ، واستمرت تلك العادة فى التقويم الدينى اليهودى حتى الآن • ولذلك يبدأ يوم السبت اليهودى مع غروب شمس يوم الجمعة •

غير أن العيوب الناجمة عن احتساب الوقت فيما بين الشروق والشروق أو الغروب والغروب كانت تنطوى على شىء من الارباك بالنسبة لعلماء الفلك • وتتمثل تلك العيوب فى اختلاف طبيعة خط الأفق (من حيث التضاريس) ، وفى احتجابه عند الشروق والغروب نتيجة السحب والضباب علاوة على قصر النهار وطوله وفقا لفصول السنة ، مما يجعل المدة بين الشروق أو الغروب فى الأيام المتتالية غير ثابتة •

أما عن لحظة مرور الشمس بخط الزوال فهى أيسر كثيرا فى رصدها عن الشروق أو الغروب ، فضلا عن أن المدة بين أوقات الزوال فى الأيام المتتالية ثابتة طوال العام ، حيث ان النهار يقصر ويطول من بدايته ونهايته بنفس المعدل ويظل منتصف النهار فى موعده •

ولذلك يعد الفاصل بين منتصف النهار أو منتصف الليل فى الأيام المتتالية هو أفضل قياس « لليوم الشمسى » (مدة دوران الأرض دورة كاملة حول نفسها بالنسبة للشمس) • وقد وقع الاختيار على منتصف الليل ، لأن ذلك يعنى أن النهار سيتغير بينما الناس نيام (أو هكذا ينبغى ان يكون) وليس وسط النهار الملىء بالنشاط والحركة ، حيث قد يؤدى ذلك الى ارباك المعاملات وتعقيدها •

وربما كان منطقيا عد الساعات من ١ الى ٢٤ بدءا من منتصف الليل ، وذلك مطبق بالفعل تحت ظروف معينة وفى أماكن معينة • غير أن العادة القديمة المتمثلة فى تقسيم اليوم الى فترتين مدة كل منهما ١٢ ساعة أثبتت رسوخها ،

ومن ثم فنحن نتحدث عن الوقت من الواحـدة حتى منتصف النهار صباحا ومن الواحدة حتى منتصف الليل مساء ٠

وبهذه الطريقة لم يعد اليوم مقسما الى ١٢ ساعة من النهار و ١٢ ساعة من الليل ، وانما صار مقسما الى فترتين تحتوى كل منهما على جزء من النهار وجزء من الليل ٠ علاوة على ذلك فقد تحولت كلمة « noon » ، التى كانت تعنى فى الأصل الساعة التاسعة ثم تغيرت لتكون السادسة ، لتطلق على الساعة الثانية عشرة ٠ لقد صار الوقت فى غير موعده ٠

ولم يكن الانسان ، حتى منتصف القرن السابع عشر قد ابتكر الساعات القادرة على قياس تقسيمات الساعة ٠ غـير انه جرت العادة ، ومنذ عهد السومريين ، على تقسيم الساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية ٠ وقد وقع الاختيـار على رقم ٦٠ لأنه ــ شأنه فى ذلك شـأن الرقم ١٢ ــ يقبـل القسمة على عدد كبير من الأرقام هى ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ١٠ ، ١٢ ، ١٥ ، ٢٠ ، ٣٠ ٠

وقد تحدد طول اليوم الشمسى بـ ٢٤ ساعة بالضبط ٠ أما اليوم النجمى ــ الذى أشرنا اليه سالفا ــ فتبلغ مدته ٢٣ ساعة و ٥٦ دقيقة و ٤ ثوان ، أى أن هناك فارقا يبلغ ٣ دقائق و ٥٦ ثانية ٠ فما سبب هذا الفارق ؟ أليست الدورة التى تدورها الأرض هى دورة كاملة سواء بالنسبة للنجـوم أو الشمس ؟

والاجابة هى لا ! هناك فرق ٠

فالأرض لا تدور حول نفسها فقط وانما تدور أيضـا حول الشمس ٠ وتبلغ المسافة العرضية لمدار الأرض حـول الشمس ١٨٦ مليون ميل ، وقد يبدو هذا الرقم ضخما ولكن نظرا للبعد السحيق بين الأرض والنجوم فان هـذا المـدار يبدو كنقطة ، ولذلك يمكن أن نعتبر أن الأرض تدور حول نفسها ولكنها ثابتة فى موقعها بالنسبة للنجوم ٠

أما الشمس فهى أقرب كثيرا للأرض من النجوم ولذلك فان دوران الأرض حولها يعد شيئا ملموسا ·

وتستكمل الارض دورتها حول الشمس في ٢٤٢٢ر٣٦٥ يوما · وذلك يعني ان الأرض كلما أتمت دورة حول نفسها بالنسبة للنجوم (او الكون بصفة عامة) تكون قد تحركت مقدارا طفيفا حول الشمس ، ولذلك ينبغى لها أن تدور جزءا اضافيا طفيفا لتعودالى نفس الوضع الذى كانت عليه فى اليوم السابق **بالنسبة للشمس** · ويستغرق هذا الجزء الاضافي من دوران الأرض ٣ دقائق و ٥٦ ثانية · ويتكرر هذا الجزء الاضافى الطفيف يوميا ليصل على مدار العام الى دورة كاملة اضافية ، أى أن العام يتألف من ٢٤٢٢ر٣٦٥ يوما شمسيا بينما يتكون من ٢٤٢٢ر٣٦٦ يوما نجميا ، أما فارق ال ٣ دقائق و ٥٦ ثانية بين اليوم الشمسى واليوم النجمى فهو عبارة عن ١/٢٤٢٢ر٣٦٦ يوما فى السنة ·

ويعد اليوم النجمى هو المدة الأقرب للحقيقة لدوران الأرض حول نفسها بالنسبة للكون بصفة عامة ، غير أن ذلك لا يهم الا علماء الفلك ، حيث ان الناس على وجه الأرض قد ارتبطوا بالشمس وليس بأى جرم سماوى آخر ·

ومع ذلك ، فالفاصل الزمنى بين الزوال والزوال ليس ٢٤ ساعة بالضبط ، فهو يزيد ويقل بمقدار ضئيل على مدار السنة · ويعزى ذلك الى سببين :

يتمثل السبب الأول فى أن مدار الأرض حول الشمس ليس بدائرة تامة الاستدارة ولكنه يميل الى الشكل البيضاوى، ولذلك تكون الأرض على مدى نصف العام أقرب الى الشمس من القيمة المتوسطة للمسافة بينهما ومن ثم فهى تتحرك بسرعة أكبر من المتوسط ، بينما تكون على مدى النصف الآخر من العام أبعد عن الشمس من القيمة المتوسطة وبالتالى تتحرك بسرعة أقل من المتوسط ·

ولما كان دوران الارض حول نفسها يتم بانتظام دقيق ، فان من نتيجة اختلاف سرعة دورانها حول الشمس أن تختلف قليلا المدة اللازمة لعودة الأرض الى نفس موقعها فى مواجهة الشمس يوميا ، أى تختلف قليلا المدة من الزوال الى الزوال، فعندما تكون سرعة دوران الأرض حول الشمس أكبر من المتوسط فهى تحتاج مدة اضافية فى دورانها حول نفسها لتعود الى نفس موقعها بالنسبة للشمس فيما بين اليوم واليوم • أما لو كانت سرعة دوران الأرض حول الشمس أقل من المتوسط فان الأرض فى دورانها حول نفسها تعود الى نفس موقعها بالنسبة للشمس فى مدة أقل قليلا من ٢٤ ساعة •

اذن ، هناك اختلاف طفيف فى المدة بين الزوال والزوال يوميا ، ويكون هذا الاختلاف بالزيادة على مدى نصف العام وبالنقصان على مدى النصف الآخر ، ولكن تلك الاختلافات اليومية تتم بشكل منتظم سنويا ، أى أن مقدار الاختلاف فى المدة بين الزوال والزوال فى يوم ما يكون هو نفسه مقدار الاختلاف فى المدة بين الزوال والزوال فى اليوم نفسه من العام التالى •

أما السبب الثانى لاختلاف المدة بين الزوال والزوال فيرجع الى أن محور دوران الأرض حول نفسها يميل بمقدار ٢٣ر٥ درجة بالنسبة لمستوى دورانها حول الشمس • ولذلك نجد مستوى مدار الأرض فى يومى الاعتدال الربيعى والخريفى (يومى ٢٠ مارس و ٢٣ سبتمبر) يتقاطع بزاوية ميل مع خط الاستواء وتكون حركة الأرض أبطأ من المتوسط • وفى يومى انقلاب الشمس الصيفى والشتوى (٢١ يونية و ٢١ ديسمبر) فان مدار الأرض يكون موازيا لخط الاستواء وعلى مسافة منه بحيث تكون سرعة الأرض أكبر من المتوسط • وتؤثر تلك الاختلافات أيضا بالزيادة والنقصان على مدار العام ، ولكن بنهاية السنة يعود كل شىء الى نفس قيمته •

ويشكل تضافر العاملين ــ الشكل البيضاوى لمدار الأرض وميل محورها ــ ما يطلق عليه « معادلة الوقت » ٠

ويتسم تأثير كل من العاملين على حدة بأنه متماثل ، أى أن مقدار الزيادة يساوى مقدار النقصان بفارق ستة اشهر بينهما ٠ غير أن تأثير كل منهما يختلف عن الآخر من حيث الحجم والوقت ، ولذلك فان محصلة التزاوج بينهما غير متماثلة ، مما يؤدى الى « انبعاج » المدة بين الزوال والزوال أربع مرات على مدار العام ، اثنتان بالزيادة واثنتان بالنقصان ، فضلا عن اختلاف مقدار الانبعاج فى كل من الحالات الأربع ٠

ولو تتبعنا موعد لحظة الزوال على مدار العام فستلاحظ أن الشمس تقطع خط الزوال فى بداية السنه فى وقت متأخر نسبيا ، ويزداد مقدار هذا التأخر يوميا الى ان يصل يوم ١٢ فبراير الى حده الأقصى الذى يربو قليلا على ١٤ دقيقة ، ثم تبدأ الشمس رحلة التبكير لتصل الى موعدها فى ١٤ ابريل ، ويستمر التبكير حتى يوم ٢٠ مايو حيث يصل مقداره الى ٨ دقائق ، ثم تعود الشمس الى موعدها فى ٢٠ يونية ويستمر التأخر الى أن يبلغ ست دقائق فى ٤ أغسطس ، وتعود الشمس الى موعدها مرة أخرى فى ٢٩ أغسطس وتواصل التبكير حتى يوم ٣ نوفمبر حيث يربو مقداره قليلا على ١٦ دقيقة ، ثم تبدأ فى التأخر لتعود الى موعدها فى ٢٠ ديسمبر وتستكمل رحلة التأخر الى أن نصل الى بداية العام التالى فتبدأ الدورة مرة أخرى بانتظام شديد ٠ وكما لمسنا ، فان الحد الأقصى للاختلاف ، سواء فى التأخر أو التبكير ، لا يتجاوز ربع الساعة الا مرة واحدة وبفارق دقيقة واحدة ٠

ولا يتأثر رجل الشارع بهذه الاختلافات الطفيفة فى مواعيد الشمس ، ولكن سيكون أمرا بالغ الصعوبة أن يحاول صناع الساعات ابتكار ساعة تسير وفقا للمواعيد الفعلية للشمس على مدار العام ٠

ونعتقد انه من الايسر ان يعتبر حاملو الساعات أن الشمس تقطع خط الزوال يوميا في موعد ثابت ، وهـذا ما كان سيحدث لو كان مدار الأرض تام الاستدارة ولم يكن محورها مائلا • ويطلق على الشمس من منطلق هذا الافتراض « الشمس المتوسطة » • وهذا يعنى أن هناك « وقتا شمسيا » وهو ما يقاس بالساعة الشمسية ، وهنـاك « وقتا شمسيا متوسطا » ويقوم على اعتبار أن المدة من الزوال الى الزوال تساوى ٢٤ ساعة بالتمام •

وتبقى مسألتان قبل أن نغلق هـذا الموضـوع ، فليس بالامكان استخدام التوقيت الشـمسى المتوسـط دون ادخال مزيد من التعديلات عليه •

فلو أن كل مجتمع ضبط توقيته وفقا لوقت الزوال فى منطقة متوسطة فى المكان الذى يعيش فيه ، فسيكون هنـاك « توقيت متوسط محلى » لكل مجتمع ، ومن شأن ذلك أن يربك جداول المواصلات فيما بين هذه المجتمعات • ومن هنا نشأت فكرة توحيد التوقيت •• وهكذا تم تقسيم الكرة الأرضية الى شرائح متساوية يكون التوقيت فى كل منهـا موحدا بغض النظر عن التـوقيت المحلى فى كل من البلدان الواقعـة فى الشريحة الواحدة •

ونصل الى النقطة الأخيرة •• فمع استطالة النهار فى الصيف ينام الناس بضع ساعات بعد الشروق ، ثم يمكثون مستيقظين بضع ساعات بعـد الغروب ويسـتهلكون الطاقة للاضاءة • ولو استيقظ الناس مبكرين فى أيام الصـيف ، وخلدوا الى النوم أيضا فى وقت مبكر ، فسوف يؤدى ذلك الى توفير الطاقة •

ولكن من منا يتصور الحكومة الأمريكية تصدر أوامرها بأن يستيقظ الناس مبـكرين ويناموا مبـكرين لمجرد توفير الطاقة ؟! لا شك أن الشعب الأمريكى بكل استقلاليته وتمسكه

بحريته سيهب كرجل واحد ويندد بالبيروقراطيين في واشنطن الذين يحاولون التحكم في موعد صحيانهم ٠

ولذلك لجأت الحكومة الى « الحيلة » ، فابتدعت توقيتا يوفر ساعات النهار ويتمثل ببساطة في تقديم الساعة بمقدار ٦٠ دقيقة ، أي أن الساعة السابعة مثلا تعني في الأصل السادسة ٠ الساعة اذن أصبحت « كاذبة » والكل يعرف انها « كاذبة » ٠

الأمريكيون اذن قد يستنكفون العبودية من جانب الحكومة ولكنهم يرحبون بها من جانب الساعة !!

وسوف أدع لكم مهمة استنتاج مغزى القصة ٠

الفصل الثالث عشر

اكتشـاف الفراغ

كان أطرف مؤتمر حضرته للخيال العلمى هو « المؤتمر العالمى الثالث عشر للخيال العلمي » المنعقد فى كليفلاند عام ١٩٥٥ ، فقد كان مؤتمرا محدودا (حضره ثلاثمائة شـخص فقط) يسوده جو من الألفة والود فضلا عن أنى كنت فيـه ضيف شرف ٠

كنت بالطبع آنذاك أكثر شبابا ، وكان عدد كبير من أصـدقائى المقـربين موجـودين فى المؤتمر وكانوا كلهـم (بالمصادفة العجيبة) أكثر شبابا وأكثر وجاهة وبعضهم ، وا أسفاه ، أكثر حيوية ونشاطا مما هم عليه الآن ! ٠

ومن أروع النـاس الذين التقيت بهـم فى المـؤتمر « آنتونى بوتشر » ، وكان وقتها رئيس تحرير مجلة« S & SF » التى أكتب لها هذه المقالات، وكان رجلا رقيقا مهذبا ، وكان مكلفا فى هذا المؤتمر بادارة مراسم الحفل ، ورغم ان الرجل قد توفى فان ذكراه حية فى قلوب كل من عرفوه ٠

وكم كانت دهشتى كبيرة فى الحفـل حين قال لى عنـه صديق آخر طيب القلب يدعى « تونى » : « لا أحب هـذا الرجل » ٠

وكان لكلماته وقع المفاجأة فى نفسى ، فقد كان الرجل الذى نتحدث عنه شخصا لطيفا ولم أجد مشكلة فى التودد اليه (ولكنى لم أكن فى ذلك الوقت أجد مشكلة فى التودد الى كل الناس تقريبا) ٠ وسألته : « لماذا لا تحبه يا تونى؟ انه يبدو شخصا لطيفا » ٠

فهز تونى رأسه وقال : « انه لا يشرب » ٠

وازدادت دهشتى ، فلم أكن أعرف أن الشرب أصبح مقياسا للاعجاب ! فقلت له متحرجا : « ولكنى لا أشرب أنا كذلك » ٠

فرد قائلا : « الأمر يختلف ٠٠ فهو يتصرف كمن لا يشرب ، بينما تتصرف أنت ، مثلنا جميعا ، كمن يشرب»!

أما الآن ، فان كل من كانوا فى المؤتمر يتفجرون حيوية ونشاطا صاروا يفيقون بالكاد من آن لآخر ، وان أفاقوا فهم عابسون مكتئبون ، ولكنى لم أفقد حيويتى حيث لا أعتمد على الكحول أو أية مواد كيماوية « لتزييت أوصالى » ٠ فالحياة لها قيمة كبيرة فى نفسى ، ويكفى أن أكتب واحدة من هذه المقالات لأجد نفسى منتعشا حتى فى الأوقات العسيرة ٠ فقد حدث ذات مرة أن كتبت ثلاث مقالات بدون توقف ، لكى أستعيد اتزانى بعدما تعرضت ابنتى الشقراء الجميلة زرقاء العينين ، لكسر فى كاحلها ٠

والآن الى واحدة من هذه المقالات الممتعة ٠

●●●

يميل المرء فى الحياة اليومية الى توصيف الهواء بأنه لا شىء البتة ٠ ولو نظر الى وعاء لا يحوى شيئا غير الهواء فسيقول انه فارغ ، وقد يكون له بعض الحق اذا قارنا الهواء بأى شىء آخر يحيط بنا ٠

ويعد معدن الاوزميوم هو أثقل مادة معروفة على سطح الأرض حيث تبلغ كثافته ٢٢٫٥٧ جراما/سم٣ ، أى أن كل سنتيمتر مكعب يزن ٢٢٫٥٧ جراما ٠

أما كثافة الهواء فتناهز ٠٫٠٠١٢٨ جرام / سم٣ أى $\frac{١}{١٧٦٠٠}$ من كثافة الاوزميوم ، ومثل هذه المقارنة تبعث على اعتبار الهواء شيئا مهملا ٠

والواقع انه حتى عام ١٦٤٣ لم يكن الهواء يعتبر على الاطلاق مادة لها كتلة فتخضع بالتالى للجاذبية الارضية ويمكن وزنها • ولكن فى ذلك العام اكتشف الفيزيائى الايطالى ايفانجليستا توريشيلى (١٦٠٨ - ١٦٤٧) أنه لو ملأ أنبوبة مفتوحة من أحد طرفيها بالزئبق ثم قلبها فى وعاء يحتوى أيضا على الزئبق بحيث تكون فتحة الانبوبة مغمورة ، فلن يفرغ كل محتوى الانبوبة ، بل سيبقى فيها عمود من الزئبق بارتفاع ٧٦ سم ، ويعزى ذلك الى وزن الهواء الضاغط على سطح الزئبق فى الوعاء •

ولما كانت كثافة الزئبق تساوى ١٣ر٥٤٦جم/سم٣ ، فهى تعادل ١٠٥٨٣ مثل كثافة الهواء ، وذلك يعنى أن عمود الزئبق المعلق فى الانبوبة المقفولة لابد أن يوازنه عمود من الهواء يبلغ ارتفاعه ١٠٥٨٣ مثل ارتفاع عمود الزئبق • وبما أن ضغط الهواء يرفع الزئبق الى مسافة ٧٦ سم فلابد أن يكون عمود الهواء بارتفاع ٨ر٠٤ كيلو متر (خمسة أميال) •

وكانت هذه بمثابة معلومة ثورية ، فقد كان يعتقد حتى ذلك الحين أن الهواء ممتد بشكل لا نهائى وانه يصل ارتفاعه الى القمر وربما الى النجوم •

ومن هذا المنطلق كانت قصص الخيال العلمى القديمة تصور الناس وهم ينطلقون الى القمر بقوة الدوامات الهوائية التى يخيل للناظر أنها تصل الى عنان السماء ، أو وهم على ظهر طيور عملاقة • وتقتضى مثل هذه الوسائل أن يكون الهواء منتشرا فى الكون كله •

أما بعد اكتشاف توريشيلى فقد عرف الناس لأول مرة أن الغلاف الجوى هو ظاهرة محدودة تحيط بسطح الأرض عن قرب ولا شىء بعدها • وكان على الناس أن يتقبلوا فكرة وجود فاصل من العدم فيما بين الأرض والقمر (أو بين أى

جرمين فى السماء بصفة عامة) • ولا سبيل لاجتياز مثل هذا الفاصل الا باستخدام نظرية الفعل ورد الفعل ـ مثل الصواريخ ـ تلك النظرية التى اكتشفها فى عام ١٦٨٧ العالم الانجليزى اسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧) •

ويمكن القول بأن تجربة توريشيلى أدت بشكل ما إلى اكتشاف الفضاء • وذلك يعنى أن الكون كله ، بما فيه الأرض والبشر ، يسبح فى الفضاء • وتعنى هذه الكلمة فى المعتاد المنطقة الواقعة خارج الغلاف الجوى ، حيث لا يوجد شىء ، والتى يطلق عليها « الفضاء الخارجى » لتمييزها عن الفضاء على عموميته •

وتستخدم كلمة « الفراغ » كبديل للفظ « الفضاء الخارجى » وأيضا كلمة « العدم » التى نفضل استخدامها فى هذا المقام لأغراض المقالة • لقد أسفرت اذن تجربة توريشيلى عن اكتشاف العدم •

ولكن كيف هو عدم ذلك العدم؟ هل هو خلاء ؟ خلاء تام؟

فالغلاف الجوى على سبيل المثال ، لا يبلغ سمكه خمسة أميال فقط ، حيث يقتضى ذلك أن تكون كثافة الهواء واحدة على مدى هذا الارتفاع ، لكن لا يمكن أن تكون الكثافة ثابتة ، فقد اكتشف العالم البريطانى « روبرت بويل » (١٦٢٧ ـ ١٦٩١) فى عام ١٦٦٢ أن الغاز قابل للانضغاط وبالتالى تزداد كثافته كلما زاد مقدار الضغط •

والانسان يعيش ويتنفس ويصرف أموره على سطح الأرض ، فى قاع الغلاف الجوى المعرض لضغط كل طبقة الهواء التى تعلوه بأميال عديدة ، أى أننا نحيا فى محيط من الغاز تزيد كثافته كثيرا عما لو كان غير معرض لهذا الضغط • وكلما ارتفعنا فوق سطح الأرض قل وزن الغلاف الذى يعلونا وبالتالى قل ضغط الهواء وقلت معه كثافة الجو ، أى أن كثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا لأعلى •

وكلما قلت الكثافة انتشر الهواء للخارج ولأعلى وبلغ ارتفاعات ما كان يصل اليها لو كانت الكثافة ثابتة ٠

ومصداقا لذلك ، فان الكثافة الجوية على قمة افرست، التي تعلو على سطح البحر بمقدار ٨ر٨ كم ، لا تتجاوز $\frac{3}{8}$ من قيمتها على ذلك السطح ، وهو ما يكفي بالكاد لأن يضخ الجهاز التنفسى قدرا كافيا من الاكسجين الى الرئتين من أجل استمرار الحياة ٠ وفي حدود الاستخدام الواقعى للغلاف الجوى بالنسبة للانسان والكائنات الحية الأخرى يمكن تقدير سمك هذا الغلاف بتسعة أو عشرة كيلو مترات فقط٠

لكن الغلاف الجوى يمتد فى الحقيقة لأبعد من ذلك بكثير ، وكلما ارتفع قلت كثافة الهواء حتى تصل الى مقدار لا يصلح لقيام الحياة ٠ ولكى نتابع هذا التمدد فلنتناول الغلاف الجوى من زاوية أخرى ٠

فلو حللنا مقدارا معينا من الهواء الجاف النقى فسنجد انه ينقسم من حيث الحجم الى ٠٨٤ر٧٨٪ من النيتروجين الموجود على هيئة جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين ورمزه (N_2) و ٩٤٧ر٢٠٪ من الاكسجين الموجود أيضا على هيئة جزيئات يحتوى كل منها على ذرتين رمزه (O_2) ثم ٩٣٤ر٠٪ من غاز الأرجون الموجود على هيئة ذرات مستقلة ورمزه (Ar) وأخيرا ٠٣٢ر٠٪ من غاز ثانى أكسيد الكربون المكون من جزيئات يحتوى كل منها على ذرة كربون وذرتى أكسجين ورمزه (CO_2) ٠

وتشكل هذه العناصر الأربعة مجتمعة ٩٩٧ر٩٩٪ من محتوى الجو ـ أما نسبة الـ ٠٠٣ر٠٪ المتبقية فهى مكونة من نحو عشرة عناصر أخرى موجودة بكميات طفيفة للغاية بحيث يمكن اهمالها ٠

وبما أن كتلة كل من ذرة الارجون وجزيئات الاكسجين والنيتروجين وثانى أكسيد الكربون معروفة علاوة على كتلة

السنتيمتر المكعب من الهواء ، يمكن حساب عـدد الجسيمات الموجودة في الـ سم٣ من الهـواء في ظل الظروف القياسية (ونعني بالجسيمات هنا ذرات الارجون وجزيئات الغـازات الأخرى) ، ويبلغ هذا الرقم حـوالى ٢٧ بليـون بليـون ، (٢٧ × ١٠^١٨) ٠

ورغم أن الرقم المناظر على قمة افرست يصـل الى ١٠ بليون بليون فى الـ سم٣ فانه يكفى بالـكاد للابقـاء عـلى الحياة ٠

وعلى ارتفاع مائة كيلو متر فوق سطح البحـر ، حيث تكون الكثافة $\frac{1}{\text{مليون}}$ أى ($\frac{1}{10^{6}}$) من قيمتها على السطح ، وهو ما يشكل فراغا بالغ الدقة بالنسـبة للمعايير المعمليـة ، يصل عدد الجسيمات الى عشرة آلاف بليون فى الـ سم٣ ٠

أما على ارتفاع ثلاثة آلاف كم ، حيث تقل الكثافة عن $\frac{1}{\text{مليون بليون}}$ أى ($\frac{1}{10^{15}}$) من قيمتها على سطح البحر ، ينخفض عدد الجسيمات إلى عشرة آلاف فى الـ سم٣ ٠ وحتى على ارتفاع ثلاثين ألف كم فوق سطح البحر فلا يزال الـ سم ٣ يحتوى على عشرة جسيمات ٠

نستنتج من ذلك أن الكثافة تقل باستمرار ولكنها لن تصل أبدا الى الصفر المطلق ٠ وقد تنخفض حتى الى جسيم واحد في الـ سم٣ أو حتى فى المتر المكعب ومع ذلك لن تكون صفرا مطلقا ، بمعنى آخر فان العدم ليس عدما خالصا ٠

غير أنه لا فائدة من البحث عن الكمال ٠٠ ومن ثم يمكن اختيار حد أدنى من الكثافة بحيث أن الجو الذى تقل فيه

الكثافة عن ذلك الحد يطلق عليه « عدم » • ويعد الشفق من أعلى الظواهر الطبيعية التى يمكن أن تنجم عن الغلاف الجوى للأرض • وتحدث بعض حالات الشفق على ارتفاع ألف كيلو متر حيث يصل عدد الجسيمات الى ٣٠٠ ألف فى الـ سم٣ • وليكن هذا هو الحد الأدنى ولنعتبر أى شىء دون ذلك هو « العدم » ، ليس لأنه خال بشكل مطلق ولكن لأنه خال بشكل كاف •

وفى ظل هذا التعريف ، فان كل الفضاء على اتساعه يعتبر عدما باستثناء ذلك الحجم متناهى الضآلة ، الموجود فى التخوم المباشرة للأجرام السماوية الضخمة •

وتتسم كل النجوم بأن لها غلافا جويا وفى مقدمتها شمس مجرتنا ، كذلك ثمة غلاف جوى يحيط بكل الكواكب الغازية العملاقة مثل المشترى (Jupiter) وزحل (Saturn) وأورانوس (Uranus) ونبتون (Neptune) • أما الأجرام التى يقل حجمها عن الكواكب الغازية العملاقة فنادرا ما يكون لها غلاف جوى • ويحتوى نظامنا الشمسى على أربعة فقط من تلك الأجرام التى يقل حجمها عن الكواكب العملاقة ، ومع ذلك فهى محاطة بغلاف جوى ، وهى الزهرة (Venus) والأرض والمريخ (Mars) من فئة الكواكب ، والتيتان (Titan) من فئة الأقمار •

والواقع أنه لم يكد يمضى وقت طويل على اكتشاف توريشيلى لما يتسم به الغلاف الجوى للأرض من طبيعة محدودة حتى بدأ علماء الفلك يتحققون من أنه ليس للقمر ، على سبيل المثال ، غلاف جوى •

وقد يتساءل المرء لماذا يتواجد الارجون على هيئة ذرات منفردة بينما يتواجد الاكسجين والنيتروجين فى صورة جزيئات يتكون كل منها من ذرتين • ويدون الدخول فى

تفاصيل ميكانيكا الكم نكتفى بالقول بأن ترتيب الالكترونات حول ذرة الارجون يتسم بدرجة استقرار بالغة ، ولن يتأثر ذلك الاستقرار لو تقاسمت ذرة ارجون بعضا من الكتروناتها مع ذرة ارجون أخرى أو مع ذرة أى عنصر آخر • ولذلك تبقى ذرات الارجون على هيئتها الانفرادية •

أما ترتيب الالكترونات حول ذرات الاكسجين أو النيتروجين فهو لا يوفر لها قدرا كبيرا من الاستقرار ، ولتعويض ذلك تتحد كل ذرتين من الاكسجين، أو النيتروجين، من أجل اكتساب مزيد من القوة •

وعندما يتم الاندماج تطلق الذرات ذلك الكم الاضافى من الطاقة الذى كان يكفل لها البقاء فى هيئتها غير المستقرة • وتقتضى عودة مثل هذه الجزيئات إلى الانشطار توفير هذا الكم الاضافى من الطاقة مرة أخرى وتزويد الجزيئات به ، وليس ذلك بالأمر اليسير ولا يحدث ببساطة فى ظل الظروف الجوية المحيطة ، ولذلك تبقى جزيئات الاكسجين والنيتروجين على هيئتها •

ولعلنا نتساءل ماذا كان سيحدث لو كانت جزيئات النيتروجين والاكسجين موجودة فى الجو على هيئة ذرات مستقلة ؟

ان عدد الجسيمات الموجودة فى الـ سم٣ سيناهز ٥٣ بليون بليون ، وستكون كلها عبارة عن ذرات • ولو كانت هذه الذرات متحركة ، فلن تزيد المسافة التى تقطعها الذرة دون أن تصطدم بذرة أخرى عن $\frac{٣٫٥}{\text{مليون}}$ من السنتيمتر فى المتوسط •

ولما كانت سرعة تحرك الذرات تساوى ٦٥٠٠٠ سم / ثانية (نحو ١٠٠ ميل فى الساعة) فسوف تقع ٢٠٠ مليون

حالة تصادم تقريبا فى الثانية • وذلك يعنى أن كل الذرات المنفردة ستجد شريكا لها فى غضون كسور ضئيلة من الثانية، وستتحول ذرات الاكسجين والنيتروجين الى جزيئات الأكسجين والنيتروجين • غير أن الحرارة الناجمة عن مثل هذا التفاعل ستكفى لتحويل الجو الى درجة التوهج •

وبما أن كثافة الجو تقل مع الارتفاع ، أى أن عدد الجسيمات في الـ سم^3 سيقل وبالتالي سيكون الانتشار أرحب ، فسوف تزيد فى المتوسط المسافة التى سيقطعها الجسيم قبل أن يصطدم بغيره ، ومن ثم ستستغرق وقتا أطول •

وعلى ارتفاع ٨٥ كم فوق سطح البحر يصل متوسط المسافة المحتمل أن يقطعها الجسيم قبل أن يصطدم بآخر الى واحد سم كامل • أما على ارتفاع ٦٠٠ كم فان هذه المسافة تقفز الى عشرة ملايين سم أى ٦٢ ميلا • لقد صار احتمال التصادم شبه مستحيل •

ومن ناحية أخرى ، فمن شأن الاشعاعات القوية الواردة من الشمس (وهى الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية) أن توفر على الارتفاعات العالية فوق سطح الكوكب ، الطاقة اللازمة لانشطار جزيئات الاكسجين والنيتروجين الى ذرات منفردة • (ان مثل هذه الاشعاعات الشمسية تمتص بعيدا قبل أن تقترب من الغلاف الجوى) • اذن ، فكلما ارتفعنا فوق سطح البحر زاد احتمال وجود الذرات فى هيئة منفردة •

ويميل الاكسجين والنيتروجين على الارتفاعات البالغة الى التلاشى ويتواجد بدلا منهما الهيدروجين والهليوم • أما فى الطبقات المنخفضة من الغلاف الجوى فسنجد هذين النوعين من الغاز موجودين بنسب لا تذكر ، حيث تصل نسبة الهليوم الى ٥ فى المليون ويكون على هيئة ذرات بالغة الاستقرار ، بينما تصل نسبة الهيدروجين الى ٥ فى كل عشرة ملايين ويكون على هيئة جزيئات ثنائية الذرات •

ويتسم الهيدروجين والهليوم بأنهما أقل أنواع الغازات كثافة وبالتالى فهما يميلان الى الطفو فوق أنــواع الغازات الأخرى ، وذلك اذا لم تبعث اختلافات درجات الحرارة عــلى خلط أنواع الغاز فى الجو ٠ وتعد جسيمات هذين الغازين أصغر أنواع الذرات وأقلها وزنا ومن ثم أسرعها وأقلهـــا تعرضا لتأثير الجاذبية فى أى كوكب ٠ ولهذه الأسباب فهى تميل أكثر من أى نوع آخــر من الغــازات الى الهــروب الى الطبقات العليا للغلاف الجوى بل « والتسرب » الى الفراغ ٠

ومع ذلك فالهيدروجين والهليوم يعدان أكثر العنــاصر شيوعا فى الكون ، حيث تنقســم كل الذرات الموجــودة فى الكون الى ٩٠٪ من الهيدروجين و ٩٪ من الهليوم بينما تمثل كل العناصر الأخرى مجتمعة نسبة الـ ١٪ المتبقية ٠

وقد يبــدو ذلك مســتحيلا بالنظــر الى أن الأرض بكل ضخامتها فضلا عن القمر والمريخ وعطارد والزهرة وغيرها تتكون كلها تقريبا من جميع أنــواع العنــاصر فيما عــدا الهيدروجين والهليوم ٠ غير أن الشمس والكواكب الغــازية العملاقة الأخرى تتكون فى معظمها ، بل كلها تقريبا ، من هذين الغازين على وجه التحديد ، ولما كانت تلك الأجــرام الخمسة تمثل ٩٩٫٩٩٩٩٪ من كتلة المجموعة الشمسية فان طبيعة التركيب الكيميائى لكل الأجسام الأخرى ، بما فيهــا الأرض ، تصبح غير ذات بال ٠

وفى العصر اليونانى القديم كان الفيلسوف ديمقريطس (٤٧٠ ؟ ـ ٣٨٠ ق٠م٠) قد وضع نظرية تقول بأن المواد بصفة عامة تقتصر فى تكوينها على الذرات ، أى أن الـكون لا يتألف الا من ذرات ولا شئ بينها سوى العدم ٠

وما أن فهم الناس تجربة توريشيلى الحاسمة واستوعبوا نتائجها وعرفوا أن الهواء ليس منتشرا فى الكون كما كانوا يعتقدون ، أمكن تعديل نظرية ديمقريطس عــلى نطاق بالغ

الاتساع ، حيث صار الكون يتألف من النجوم ولا شيء غيرها سوى العدم ..

ولا شك أن وجهة النظر هذه تبدو صحيحة للعين المجردة . فنحن لا نرى في الواقع سوى سماء سوداء لا تحوى فيما يبدو غير النجوم . ولما ابتكر التلسكوب اتضح أن شرائح السماء التي كانت تبدو خالية ، هي في الواقع مليئة بنجوم بالغة الضعف بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وبغض النظر عن نسبة تكبير التلسكوب وعن عدد النجوم التي يمكن رصدها ، فدائما هناك مساحات من الفراغ تفصل بينها .

وقد نستنتج من ذلك أن النجوم (وأى كواكب ملحقة بها) هى الأشياء الوحيدة التي تبعث على الاهتمام في الكون ، وأن العدم الذى يفصل بينها هو عديم الأهمية . فماذا عسانا نقول عن اللاشيء !

غير أنه لم تكد تمضى بضع سنين على اختراع التلسكوب حتى اكتشفت أجسام في الفراغ تختلف فيما يبدو عن النجوم .

وفي عام ١٦١٢ رصد عالم الفلك الألماني سيمون ماريوس (١٥٧٣ ـ ١٦٢٤) بقعة ضوئية باهتة غير محددة المعالم في برج اندروميدا . وكانت مثل هذه البقع تختلف في شكلها عن تلك النقط الضوئية الواضحة المتمثلة في النجوم . وقد أطلق على هذه البقع « السديم » « nebulae »

وهو لفظ مستمد من اللغة اللاتينية بمعنى « السحاب ») ، وظل السديم الذى اكتشفه ماريوس معروفا لمدة ثلاثة قرون باسم « سديم اندروميدا » .

وفي عام ١٦١٩ اكتشف عالم الفلك السويسرى جوهان سيسات (١٥٨٦ ـ ١٦٥٦) أن النجم الأوسط في « سيف » برج الجوزاء ليس نقطة واضحة وانما هو بقعة ضوئية باهتة غير محددة . وأطلق عليها اسم « سديم الجوزاء » .

وقد تضاعفت عمليات اكتشاف مثل تلك البقع الباهتة مع تطور التلسكوبات ، وكثيرا ما كان الأمر يلتبس على علماء الفلك المندفعين فيحسبونها مذنبات . ولذلك بدا عالم الفلك الفرنسى شارل ميسييه (١٧٣٠ ـ ١٨١٧) في عام ١٧٧١ حصر مثل تلك البقع وأعد بها قائمة تشمل ما يربو على مائة من الأجسام التى قد تخدع « صائدى المذنبات » لو لم يتنبهوا لها .

وقد اتضح فيما بعد أن عددا كبيرا من الأجسام الواردة في قائمة ميسييه ما هى الا تجمعات من النجوم ، واتضح أيضا أن سديم أندروميدا ليس سحابة غبار أو ضباب ، وانما هو تجمع لمئات الملايين من النجوم الموجودة على بعد سحيق بحيث يذوب ضوء النجوم المنفردة في البقعة الضوئية غير محددة المعالم . ويطلق حاليا على مثل هذه التجمعات اسم « المجرات » ، وصار سديم أندروميدا يعرف باسم « مجرة أندروميدا » . وقد اتضح حتى الآن أن ٣٨ من الأجسام الواردة فى قائمة ميسييه هى مجرات .

واكتشف الفلكيون أيضا أن بعض الأجسام الواردة فى القائمة تنتمى لمجرتنا المعروفة باسم « درب اللبانة » ، وهى عبارة عن تجمعات عنقودية تحتوى على مئات الآلاف تلو مئات الآلاف من النجوم التى تبدو على هذا البعد الهائل متداخلة وغير محددة المعالم . ويبلغ عدد مثل هذه التجمعات العنقودية في قائمة ميسييه ٥٨ تجمعا .

ومن النجوم أيضا ما تعرضت لظواهر بالغة العنف أدت الى اطلاق كميات ضخمة من الغبار والغازات التى تتلألأ فى ضوء النجوم . وتسمى سحابة الغبار والغاز هذه ب « السديم الكوكبى » ، ومنها ما هو وارد فى القائمة . ويتصدر قائمة ميسييه « سديم السرطان » وهو ما تبقى من نجم تعرض منذ تسعة قرون ونصف لانفجار شامل تقريبا من نوع السوبر نوفا .

غير أن بعضا من هذه السدم موجودة بالفعل على هيئة سحب متوهجة مكونة من ذرات الهيدروجين والهليوم • ويعد سديم السرطان واحدا منها • وثمة اثنان آخران من هـذا النوع من السـدم وهما « السـديم الأمريكى الشمالى » فى برج الدجاجة (المسمى بهذا الاسم وفقا لشكله) « وسديم اللاجون » فى برج القوس •

ويعزى بريق سديم الجوزاء الى أنه يحتوى وسط حجمه الفسيح على عدد من النجوم مرتفعة الحرارة ، مما يكسب ذرات الهيـدروجين بهـا قدرا من الطاقة بما يجعلهـا تفقد الكتروناتها وتتأين • ومن شأن الهيدروجين المتأين أن يطلق ما اكتسبه من طاقة على هيئة ضوء • ويتواصـل باستمرار هذا النوع من التفـاعل حيث تسـتقبل الذرات الطاقة من النجوم الموجودة فى السديم لتشعها على هيئة توهج ضوئى ، وهذه خاصية تميز مثل تلك « السدم المشعة » •

وقد يبعث على الدهشة أن يرى الانسان مثل هذا الوهج على هذا البعد الشاسع الذى يفصل بين الأرض وتلك السدم• غير أن الغاز الذى تتكون منه هذه السدم يتسم بدرجة نقاء بالغة ، وهو يقتصر فى تكوينه عـلى عـدد يتراوح بين ألف وعشرة آلاف من الجسيمات فى الـ سم٣ ، وتعادل هذه الكثافة كثافة الغلاف الجوى للأرض على ارتفاع يتراوح بين ٣ آلاف و ١٠ آلاف كم فوق سطح البحر ، وهى كثافة ضعيفة بدرجة تجعل مثل هذه السدم تندرج فيما عرفناه سالفا بأنه الفراغ أو « العدم » • ولكن نظرا لانتشار هـذه الذرات فى فضـاء يقاس حجمه بالسنوات الضوئية المكعبة فانها تكفى لتكوين هذا الوهج المرئى •

وثمة سحب تقل فيها الكثافة عن ذلك المقـدار ، حيث لا يزيد عدد الجسيمات فى الـ سم٣ عن زهاء مائة ، وهى بذلك تعادل فى كثافتها الغلاف الجوى للأرض على ارتفاع

٢٠ ألف كم فوق سطح البحر ومن ثم فان رصدها يشكل صعوبة بالغة . ونصل أخيرا الى الفضاء الأكثر خلاء ، أو العدم الأكثر عدما ، فنجد أيضا أن له كثافة وان كانت لا تتجاوز ٣ر٠ من الجسيمات في الـ سم٣ .

ولكن ليست كل السدم متوهجة بالطبع .

فبينما كان عالم الفلك البريطانى الألمانى الأصل وليم هرتشل (١٧٣٨ ـ ١٨٢٢) يدرس النجوم فى « درب اللبانة » لاحظ وجود مناطق تكاد تكون خالية تماما من النجوم ، ولاحظ أن هذه المناطق المظلمة لها حدود واضحة ، بل وبالغة الدقة فى بعض الأحيان . أما خارج هذه الحدود فتوجد كالمعتاد مناطق تموج بأعداد هائلة من النجوم .

وطرح هرتشل أبسط تفسير لهذه الظاهرة حيث افترض أن هذه المناطق خالية بالفعل من النجوم وانها عبارة عن أنفاق من الفراغ تشق طريقها وسط زحام النجوم وتكشف عن الظلام الذى يكتنف الفراغ خارج درب اللبانة . وتبدو الأرض فى موقعها فى درب اللبانة كأنها تطل على « فوهة » النفق . ولا شك أن « هرتشل » تخيل وجود « ثقب » فى السماء .

واتضح أن هناك عددا من مثل تلك المناطق ، بل ان ذلك العدد أخذ يزداد شيئا فشيئا مع الوقت حتى تجاوز حاليا ٣٥٠ منطقة . وكان عالم الفلك الأمريكي ادوارد امرسون بارنارد (١٨٥٧ ـ ١٩٢٣) قد رصد حتى عام ١٩١٩ حوالى ١٨٢ واحدة من هذه المناطق المظلمة وسجل مواقعها على خريطة .

وقد بدا لبارنارد ، وفي نفس الوقت لفلكي آخر ألمانى الجنسية يدعى ماكس وولف (١٨٦٣ ـ ١٩٣٢) ، أنه من المستبعد أن يكون هناك مثل هذا العدد من « الثقوب » فى درب اللبانة وكلها موجهة بحيث تكون فتحاتها فى اتجاه الأرض .

وكان الإحتمال الأقرب الى المنطق ان هذه المناطق المظلمة هى عبارة عن سحب من الجسيمات لا تحتوى على أية نجوم ، وبالتالى فلا مجال لتولد الطاقة والتوهج ، فبقيت باردة ومظلمة • ومن شأن مثل هذه السدم أن تحجب ضوء النجوم الواقعة وراءها وأن تشكل بقعا سوداء ينتشر من حولها الضوء الوارد من السماء خلفها •

ولا يبدو مطلقا أن هذه « السدم المظلمة » تشكلت نتيجة ظواهر نجمية ، بل العكس ، حيث يعتقد علماء الفلك حاليا أن هذه السدم المظلمة قد تكون هى مصدر تكون النجوم لو توافرت الظروف المواتية • ويعتقد أن المجموعة الشمسية بالكامل قد تكونت من واحد من هذه السدم المظلمة ، وكان ذلك قبل حوالى خمسة بلايين سنة ، حيث تهيأت الظروف لتكثف ذلك السديم فتكونت الشمس وكواكبها •

ولو كان السديم المظلم ذا حجم كبير فان ذلك يفسح المجال لتكون بعض النجوم داخله ، ومن شأن أول مجموعة من هذه النجوم أن تولد قدرا من الطاقة يكفل تحول هذا السديم الى سديم مشع • وتظهر أحيانا فى بعض السدم ، مثل سديم الجوزاء ، بقع مستديرة صغيرة سوداء • وتسمى هذه البقع « كريات بوك » نسبة الى مكتشفها وهو الفلكى الألمانى الامريكى الأصل بارت جان بوك (١٩٠٦ ـ ١٩٨٣) والذى رصدها لأول مرة فى عام ١٩٤٠ • ويعتقد أن هذه البقع هى عبارة عن سحب من الغاز فى طريقها حاليا الى التكثف وستصبح قريبا (بالمقياس الفلكى) نجوما جديدة •

وتتماثل السدم المظلمة مع السدم المضيئة فى أنها تتكون أساسا من الهيدروجين والهليوم ، وهى أيضا تعادلها فى الكثافة ، ولكن بالنظر الى طبيعتها المظلمة لا يمكن أن تكون مقصورة على الغاز • فاذا كان السديم المظلم يحتوى على ١٠ آلاف ذرة هيدروجين وهليوم فى الـ سم٣ فمن الوارد أن يحتوى كل سم٣ أيضا على ١٠٠ من جسيمات الغبار (التى

يتكون كل منها من عشرات أو مئات الذرات وربما كان منها ذرات السيليكون ومعادن أخرى) ٠

ويمكن ببساطة تفسير وجود جسيمات الغبار بأن من خصائص السديم المظلم امتصاص الضوء الشمسى ، ولما كانت قدرة جسيم الغبار على امتصاص هذا الضوء تعادل مائة ألف مثل قدرة ذرة الغاز أو جزيئه فلابد من وجوده فى ذلك السديم ، ويمكن ملاحظة تلك الظاهرة فى الغلاف الجوى للأرض ٠

فعندما يكون الجو صحوا وخاليا من الغبار وغير مشبع بالرطوبة نجد الشمس ساطعة وأشعتها حارقة ، لأن جزيئات الغاز لا تمتص شيئا يذكر من هذه الأشعة ، ولكن ما أن ينتشر بعض الغبار أو بعض قطرات من البخار فى الجو حتى تتغير هذه الظروف توا ٠ وقد يكون هناك قدر ضئيل من السائل أو الجسيمات الصلبة قياسا بالعدد الضخم من جزيئات الغاز، ولكن هذا القدر الضئيل يكفى لتكوين الضباب الذى يحجب ضوء الشمس ٠

ولو أن الغبار يمثل ١٪ فقط من مكونات السديم مقابل ٩٩٪ من ذرات الغاز وجزيئاته ، فان ٩ر٩٩٪ من قدرة السديم على حجب ضوء النجوم تعزى الى ذلك القدر الضئيل من الغبار ٠

وبغض النظر عن أن بعض السدم يشع الضوء بينما يحجبه البعض الآخر ، وأن هذه السمة على وجه التحديد تستلفت الانتباه فى كل من النوعين ، فان شيئا رائعا مدهشا يقع فيهما ، وهذا هو ما سنتحدث عنه في الفصل التالى ٠

الفصل الرابع عشر

كيميـاء الفراغ

كنت مدعوا فى بداية هـذا العام الى الحفـل السـنوى لتوزيع الجوائز على الفائزين من كتاب القصص البوليسية فى أمريكا ، وحضرت المأدبة مع زوجتى العـزيزة جانيت • وكان لهذا الحفل أثر خاص فى نفسى ، حيث كان أول لقاء لى مع جانيت فى واحد من هذه الحفلات منذ ٢٦ عاما •

وكان قد طلب الى أن أعلن أسماء الفائزين فى هـذا العام ، ولما كانت هذه هى أكثر فقرات الحفل اثارة ، فقـد كان ترتيبها الأخـير فى البرنامج ، ومن ثم كان علينـا أن نصبر ونستمع الى حوالى عشرة من المتحدثين ، كل منهم يسعى جاهدا لاظهار كل مواهبه من خفة الظل والذكاء •

وبدأت جانيت تشعر بالقلق ، فهى تدرى تماما احساسى بضآلة هذه المهمة والذى يغلب على امتنانى لأن تتيح لى رابطة كتاب القصص البوليسية فرصة الاشتراك فى توزيع جائزة على مثل هذه الدرجة من الأهية ، لا سيما وأنها لم ترشحنى من قبل لنيل هذه الجائزة • وأعتقد أن زوجتى شعرت كذلك أننى كنت أستمع لكل محاولات استعراض خفة الظل والذكاء وأنا أفكر فى كافة السبل والأساليب التى يمكننى بها تقطيع أوصال هؤلاء المستظرفين جميعا •

فهمست الى قائلة : « اسحق ، ان هؤلاء المرشحين قضوا بالتأكيد ليلة مؤرقة من الانفعال والاثارة ، فلا تثقل عليهم، يكفى أن تقرأ عناوين القصص الخمس وأسماء مؤلفيهم ثم تعلن اسم الفائز » •

وقلت لها : «نعم يا عزيزتي، سوف أعلن فقط المرشحين واسم الفائز » (أترون كيف انى زوج مثالى ؟) ٠

وعندما حان الوقت صعدت الى المنصة برشاقتى المعهودة وقرأت سطرا من ورقة التعليمات التى سلمت لى لترشدنى عما ينبغى على عمله ٠ ومن بين هذه التعليمات أنه لو صادفتنى مشكلة فى قراءة بعض أسماء المرشحين يمكننى استشارة مكتب العلاقات العامة بالرابطة لتسهيل نطق الاسم ٠

وطويت الورقة ووضعتها فى جيبى وأنا أشعر بالفخر للتعددية العرقية والتباين الذى تتسم به طبيعة المجتمع الأمريكى وأستنكف طلب العون فى نطق هذه الأسماء ، فسوف أحاول نطقها على أحسن ما يكون ، لا سيما لو التزم الحضور بحسن الاستماع ٠

ثم تحولت الى قائمة المرشحين الخمسة فاكتشفت أنها تحتوى ــ بمحض الصدفة ــ على خمسة أسماء ذات هجاء انجلو ساكسونى كلها ٠ فكنت أقرأ عنوان كل كتاب ثم أتردد قليلا أمام اسم المؤلف أدقق فيه ثم أنطقه بشىء من التعثر مما كان يثير فى كل مرة عاصفة من الضحك ٠ وعندما فرغت من الأسماء الخمسة ووصلت الى المظروف الذى يحتوى على اسم الفائز قلت بشىء من الأسى انه ربما كان أصعب اسم وبالتالى قد أضطر الى نطقه مرة ثانية ٠ وقرأت الاسم واذا به « روسى توماس » ومع ذلك فقد قرأته بلعثمة شديدة ٠ وانطلقت القهقهة السادسة وكانت أعلى من كل مرة ٠

ثم عدت الى مكانى وقلت لزوجتى : « هأنذا يا عزيزتى لم أفعل شيئا سوى قراءة الأسماء » ٠

ومن حسن الحظ أنه لا يوجد أحد بجانبى يحثنى على الاختصار وأنا أكتب هذه المقالات ، ولذلك سوف أكمل معكم الآن بنفس الأسلوب المتمهل ونستكمل معا من النقطة التى وقفنا عندها فى الفصل السابق ٠

★★★

تحدثنا فى الفصل السابق عن الفراغ وقلنا أنه الفضاء المتاخم للأجسام الضخمة والذى يتسم بأنه شبه خال من أى شىء ، ولكنه ليس خاليا بشكل مطلق ، فلابد حتى فى أنقى درجات الفراغ ــ فى الفضاء البعيد عن أية أجسام ــ من وجود ذرات متفرقة من هذا النوع أو ذاك ٠

ولكن ما هو هذا النوع أو ذاك ؟

هل بوسعنا أن نحلل مثل هذا الفراغ شبه التام الموجود على مسافة بعيدة للغاية ، لنقف على طبيعة ما يحتويه من مادة رقيقة بهذه الدرجة المتناهية ؟

جاءت بوادر الاجابة على هذا السؤال فى عام ١٩٠٤ عندما كان عالم الفلك الألمانى « جوهانز فرانز هارتمان » (١٨٦٥ ــ ١٩٣٦) يدرس التوزيع الطيفى للنجم الثنائى « دلتا أوريونيس » ٠ كان نجما الثنائى قريبين من بعضهما بدرجة كبيرة بحيث يبدوان كجسم واحد بالتلسكوب ٠ ولكن بما أن النجمين كانا يدوران حول بعضهما ، فقد كان أحدهما يقترب من الأرض بينما يبتعد الآخر ثم ينعكس الأمر وهلم جرا ٠

وكان لكل نجم خطوط طيفه بحيث عندما يبتعد الأول تقترب خطوط طيفه من الطرف الأحمر للتوزيع الطيفى بينما تتحرك خطوط طيف النجم الثانى المقترب ، من النهاية البنفسجية ٠ ومع تبدل حركة النجمين كانت حركة خطوط الطيف هى الأخرى تتبدل ٠ بمعنى آخر ، كانت هناك حركة مستمرة لخطوط الطيف من اتجاه لآخر وبالعكس ٠

غير أن هارتمان لاحظ وجود خط بعينه لا يتحرك ، وكان ذلك الخط يمثل ذرات عنصر الكالسيوم ٠ ولما كان الخط مستقرا فهذا يعنى أن الكالسيوم لا ينتمى لأى من النجمين ، بل لابد أن يكون منتميا لشىء ثابت ومستقر مثل تلك السحابة الرقيقة من الغاز الفضائى الموجودة بين النجوم

والأرض ، وقد يقول قائل ان هذه السحابة رقيقة بدرجة متناهية ، وهذا صحيح ، ولكن عدد الذرات الموجودة فيها ، على مسافة السنوات الضوئية التي تفصل بين النجم الثنائي والأرض . وقد يقول قائل ان هذه السحابة رقيقة بدرجة لعنصر الكالسيوم مما يؤدى الى رصد ذلك الخط فى التوزيع الطيفى . لقد توصل هارتمان الى اكتشاف الكالسيوم كواحد من عناصر الغاز الفضائى .

ولم تلق هذه النتيجة قبولا مباشرا ، لا سيما فى ظل وجود نتائج مناقضة ناجمة عن دراسات أخرى . وتعددت النظريات وتباينت الى أن جاء عالم الفلك الانجليزى آرثر ستانلى ادينجتون (١٨٨٢ ـ ١٩٤٤) وأثبت فى عام ١٩٢٦ ، بما لا يدع مجالا للشك ، أن التفسير القائل بوجود غاز فضائى تفسير صحيح . وكان قد تم فى هذه الأثناء رصد أنواع أخرى من الذرات فى الغاز الفضائى مثل ذرات الصوديوم والبوتاسيوم والتيتانيوم .

وتعد هذه المعادن من العناصر الشائعة نسبيا على الأرض ويفترض انها كذلك بالنسبة للكون بصفة عامة . غير أنه كان قد عرف فى ذلك الوقت أن الهيدروجين هو العنصر الغالب فى الكون وبنسبة بالغة ، ولابد انه كذلك بالنسبة للغاز الفضائى . وتمثل ذرات الهيدروجين ٩٠٪ من محتويات الكون ويمثل الهليوم ٩٪ ، أما سائر العناصر الأخرى مجتمعة فهى لا تزيد فى أقصى تقدير عن ١٪ . ولعلنا نتساءل كيف يرصد المرء العناصر الموجودة بكميات ضئيلة ولا يرصد العناصر الأخرى الشائعة ؟!

والاجابة بسيطة ، فمن شأن ذرات العناصر مثل الكالسيوم أن تمتص بعض أشعة من الضوء بأطوال موجات معينة ومميزة . وتلك خاصية لا يتصف بها الهيدروجين

والهليوم ، ولذلك تظهر عند دراسة طيف الضـوء المرئى ، خطوط سوداء مكان أشـعة الضـوء التى امتصـتها ذرات الكالسيوم والذرات الأخرى الموجودة فى الفراغ • أما لو كان الوسط خاليا من أية ذرات بخلاف الهيدروجين والهليوم فلا تظهر مثل هذه الخطوط فى الطيف •

غير أنه يمكن فى حالة واحدة رصد الهيدروجين ، فذرة الهيدروجين تتكون من نواة تحمل شحنة واحـدة موجبـة ، تعادلها الشحنة السالبة التى يحملها الالكترون الوحيد الذى يدور حول النواة • وتكون النواة مع هذا الالكترون « ذرة الهيدروجين المتعادلة » • وفى حالة وجود نجم ساخن قريب فان الاشعاع القوى المنبعث منه ينتزع الالكترون بعيدا عن النواة فيتبقى « أيون الهيدروجين » • ولـكن قد يحدث من آن لآخر أن يعود أيون الهيدروجين الى الاتحاد مع الالكترون مما يسفر عن انطلاق ذلك الكم من الطاقة الذى تسبب فى فصلهما • وهذه الطاقة هى التى يمكن رصدها •

وقد رصدت مثل هذه الاشعاعات ، المنبعثة من أيونات الهيدروجين ، فى السدم المضيئة ، كمـا أمكن اسـتخدامها لدراسة النجوم الساخنة حديثة التكون ، والتى تزخر بهـا الأذرع اللولبيـة للمجرات ، حيث ان الاشـعاعات المكثفـة المنبعثة من هذه النجوم قد أوجـدت قدرا ضخما من أيونات الهيدروجين فى مساحات تمتد لسنين ضوئية حولها • وفى عام ١٩٥١ نجح عالم الفلك الأمريكى «وليم ولسون مورجان» (١٩٠٦ ـ) فى اجراء عملية مسح للمنحنيات التى تشكلها أيونات الهيدروجين ، وفى تحـديد معـالم الأذرع الحلزونية لمجرتنا والتى تقع الشـمس فى أحدها • وكان يعتقد حتى ذلك الحين أن مجرة درب اللبانة تتسم كلها بشكل حلزونى ، وكانت هذه هى المرة الأولى التى يساق فيها دليل مباشر على وجود الأذرع •

غير أن أيونات الهيدروجين لم نرصد الا فى بعض المواقع فقط من المجرة ، أما الجانب الأعظم من درب اللبانة فهو مكون من نجوم صغيرة ضعيفة • ويتكون الفراغ المحيط بهذه النجوم من سحابة غاز رقيقة تحتوى على ذرات الهيدروجين المتعادلة والتى لم تكن تظهر فى الأطياف الضوئية العادية • الا أن الأبحاث أثبتت فيما بعد أن حتى ذرات الهيدروجين المتعادلة يمكن رصدها •

وتنقسم ذرات الهيدروجين المتعادلة الى نوعين : نوع يدور فيه كل من الالكترون والنواة في نفس الاتجاه ، ونوع يدور فيه الجسيمات فى اتجاهين متضادين • وثمة اختلاف طفيف فى مقدار الطاقة الكامنة فى كل من النوعين • وقد يتصادف أن تصطدم واحدة من ذرات الهيدروجين الأقل طاقة بفوتون ضوئى شارد فتمتصه ، وتكون النتيجة أن تتحول الى واحدة من الذرات الأكثر طاقة ، ثم لا تلبث أن تعود الى وضعها الأول وتطلق كمية الطاقة التى امتصتها •

وفى عام ١٩٤٤ أثبت فلكى هولندى شاب يدعى « هندريك كريستوفل فان دى هولست » (١٩١٨ —) أن هذه الطاقة تنبعث على هيئة فوتون ميكروويف يصل طول موجته الى ٢١ سم (وتبلغ هذه الطاقة ٤٠ على مليون من مقدار طاقة الضوء المرئى) • وتطلق كل ذرة هيدروجين مثل هذا الشعاع بمعدل مرة كل مليون سنة فى المتوسط ، ولكن بحساب العدد الضخم من ذرات الهيدروجين المنتشرة فى الفضاء الخارجى يمكن فى أية لحظة رصد عدد ملموس من هذه الفوتونات •

غير أن أجهزة رصد مثل هذه الفوتونات الضعيفة لم تكن ، قبل الحرب العالمية الثانية ، قد ابتكرت بعد ، ولكن قبيل الحرب مباشرة اخترع الرادار ، وطرأ عليه خلال سنوات الحرب تطور كبير • ولما كان الرادار يعمل أساسا بحزم الميكروويف فقد حدث تطور تكنولوجى ضخم فى رصد هذه

الموجات ، وأصبح علم الفلك القائم على الراديو حقيقة عملية ·

وباستخدام هذه التقنيات الجديدة تمكن عالم الفلك الأمريكي « ادوارد ميلز بورسيل » (١٩١٢ ــ) من أن يرصد في عام ١٩٥١ تلك الاشعاعات التي يبلغ طول موجاتها ٢١ سم · لقد انفتح الآن الباب لدراسة الهيدروجين الفضائي البارد ، وأمكن بذلك جمع حجم ضخم من المعلومات الجديدة عن المجرة ·

فعلى سبيل المثال ، تتكون النواة أحادية الشحنة لذرة الهيدروجين العادية من بروتون واحد ولا شيء غيره · ولكن ثمة عدد محدود من ذرات الهيدروجين تحتوى نوياتها على بروتون ونترون · وتحتوى مثل هذه النواة على شحنة ايجابية واحدة ولكن كتلتها تعادل ضعف كتلة النواة العادية · ويطلق على ذرة الهيدروجين الثقيلة هذه « دوتيريوم » ·

ويتسم الدوتيريوم ــ شأنه في ذلك شأن الهيدروجين العادى ــ بأن له مستويين من الطاقة ، ويمكن أن يتحول من المستوى الأعلى الى المستوى الأدنى مع اطلاق فوتون ميكروويف بطول موجة يبلغ ٩١ سم · وفى عام ١٩٦٦ رصد علماء الفلك الأمريكيون فى جامعة شيكاغو هذا النوع من الاشعاعات ، وأصبح معروفا الآن أن الدوتيريوم يشكل نسبة ٥٪ من الهيدروجين الفضائى · وفى العام نفسه ، نجح أحد علماء الفلك السوفيت فى رصد الشعاع الميكروويف المميز لذرات الهليوم ·

وقد تبين ان الذرات الاثنتى عشرة الأكثر شيوعا فى الكون (وبالتالى فى الغاز الفضائى) ، وفقا للترتيب التنازلى لدرجة شيوعها ، هى : الهيدروجين (H) والهليوم (He) والاكسجين (O) والنيون (Ne) والنيتروجين (N) والكربون (C)

والسيليكون (Si) والمغنيسيوم (Mg) ، والحديد (Fe) والكبريت (S) والارجون (Ar) والالمنيوم (Al) .

ويشكل الهيدروجين والهليوم كما ذكرنا سالفا ٦٠١٪ من الذرات فى الكون • وبخلاف هذين العنصرين ، تمثل انواع الذرات العشرة الآخرى ما يربو على ٥ر٩٩٪ من بقية الذرات فى الكون • بمعنى آخر فان نسبة وجود أية ذرات بخلاف الانواع الـ ١٢ المذكورة تقل عن ١ الى ٢٠ ألفا ، ولذلك يمكن تجاهلها تماما •

والآن ، هل يمكن أن تتواجد ذرات الغاز الفضائى على هيئة غير الهيئة المنفردة ؟ هل يمكن أن تتحد أو تندمج ذرتان أو أكثر على هيئة جزىء ؟

ان عمليــة الاندماج تســتوجب أولا اصطدام الذرات ببعضها • غير أن المسافات الشاسعة التى تفصل بين الذرات المنفردة فى الفراغ الفضائى تجعل مثل هذه الحالات نادرة الحدوث • ومع ذلك فهى تحدث ، وبما أن الكون موجود فى صورته الحالية بشكل أو بآخــر منــذ ما يتراوح بين عشرة وخمسة عشر بليون سنة فلابد أنه قد وقعت تصادمات كثيرة وتكونت جزيئات كثيرة • ولا شك أن مثل هذه الجزيئات بعد تكونها قد تعرضت لاشعاعات قوية واصطدمت بها جسيمات أخرى منطلقة بشدة ، مما من شأنه أن يؤدى الى انشطارها الى مكوناتها الأصليــة ، غــير أن التوازن البيئى بين حالات الاندماج والانشطار قد يكفل باستمرار بقاء بعض هــذه الجزيئات •

ولكن الى أى نوع من العناصر تنتمى مثل هذه الجزيئات ؟ لعلنا نتفق فى البداية على استبعاد أية ذرات بخلاف الأنواع الاثنى عشر المذكــورة آنفــا ، فأى نــوع آخر من الذرات سيكون من الندرة بحيث يستحيل أن تكون جزيئات بعــدد يتيح رصدها • وسوف نستبعد أيضا ثلاثة أنواع من قائمة

ال ١٢ ، وهى ذرات الهليوم والنيون والارجون باعتبار انها لا تتحد مع ذرات أخرى فى ظل أى من الظروف المعروفة • وبالنسبة لذرات السيليكون والمغنيسيوم والحديد والألمنيوم فليس من شأنها أن تكون جزيئات صغيرة ولكنها تميل أكثر الى أن تضيف المزيد والمزيد من الذرات نفسها الى جانب الاتحاد مع أنواع أخرى من الذرات مثل الاكسجين لتكون جسيمات الغبار •

ولا تزيد نسبة جسيمات الغبار عن ١٪ من كتلة الغاز الفضائى • واذا كانت الذرات المفردة والجزيئات الصغيرة لا تمتص قدرا ملموسا من ضوء الشمس بحيث يظل الفضاء الخارجى شفافا بصفة عامة ، فان الغبار يتسم بقدرة امتصاص عالية تفوق مائة ألف مثل قدرة الغاز • اذن ، فعندما يكثر الغبار فى منطقة فضائية تبدو النجوم الواقعة خلف هذه المنطقة باهتة ضعيفة ، وقد تصل نسبة الغبار لدرجة تحجب تماما النجوم ، ويظهر ذلك فى «السدم المظلمة» التى أشرنا اليها فى الفصل السابق •

وتبقى خمسة أنواع من الذرات التى يمكن أن تكون جزيئات حقيقية ، وليس جسيمات غبار ، وهى بترتيب درجة شيوعها : الهيدروجين والاكسجين والنيتروجين والكربون والكبريت • فهل هناك اندماجات بين هذه الذرات بكميات قابلة للرصد ؟

الاجابة : نعم ، حيث ان بعض هذه الاندماجات ـ عندما تحرر الطاقة الممتصة ـ تنبعث منها اشعاعات تدخل فى حيز الضوء المرئى ومن ثم يمكن رصدها بوسائل القياس الطيفى العادية ، وتستخدم هذه الطريقة منذ عام ١٩٤١ • ومن بين هذه الاندماجات : « السيانيد » (CN) الناجم عن اندماج الكربون والنيتروجين ، و« الميثين » (CH) الناتج عن اندماج الكربون والهيدروجين • والميثين ذو الالكترون الغائب CH^+

ولو ان هذه الاندماجات الثلاثة كانت على الأرض لما بقيت على حالها ، فهى تتسم بنشاط بالغ بحيث كانت ستتحد سريعا مع ذرات أو جزيئات أخرى لتكون جزيئات آكثر تعقيدا واكثر استقرارا • غير أن الوسط الفضائى الرقيق لا يتيح حدوث تصادمات كثيرة ، فتبقى هذه الاندماجات على حالتها غير المستقرة ، لبعض الوقت على الأقل •

ولما لم يكن هناك اندماجات جزيئية أخرى تصدر آشعة فى حيز الضوء المرئى ، بدا لفترة كما لو كان علماء الفلك قد وصلوا الى نهاية المطاف • ولكن فى عام ١٩٥٣ أعلن عالم الفلك السوفيتى « ايوزيف صمويلوفيتش شكلوفسكى » (١٩١٦ ـ ١٩٨٥) أن ذرات الاكسجين تفوق فى شيوعها كل من الكربون والنيتروجين بحيث ان نسبة « الهيدروكسيل » الناجم عن اندماج الاكسجين والهيدروجين، تتجاوز السيانيد والميثين فى الفضاء • ويتسم الهيدروكسيل أيضا بعدم الاستقرار ولا يمكن أن يبقى على الأرض بهيئته هذه ، ولا مجال لأن يوجد الا فى الوسط الفضائى ، فضلا عن أنه لا يصدر أشعة فى حيز الضوء المرئى ولكنه يبعث بدلا منها فوتونات ميكروويف •

وقد أظهرت الحسابات أن الهيدروكسيل يمكن أن يصدر أربعة أنواع من موجات الميكروويف المختلفة فى طول موجاتها ، ويعد ذلك بمثابة « البصمة » المميزة لهذا الاندماج• وفى أكتوبر ١٩٦٣ تم رصد بصمة الهيدروكسيل وانفتح المجال لمزيد من التوصيف والاكتشافات •

ولما كان الهيدروجين فى الوسط الفضائى هو العنصر الأكثر شيوعا بفارق كبير ، نتوقع أن تكون ٩٩٫٨٪ من حالات التصادم بين الذرات هى بين ذرتى هيدروجين " وذلك يعنى أن جزىء الهيدروجين (H_2) الناجم عن اندماج ذرتين من هذا العنصر ، سيكون الجزىء الأكثر انتشارا فى

الفضاء · وفى عام ١٩٧٠ تم رصد الاشعاع الميكروويف المميز لجزىء الهيدروجين فى السحب الفضائية ·

وقد تم حتى الآن رصد ١٣ نوعا من الاندماجات ثنائية الذرات وهى NO, HO, CC, CS, CN, CH + CH, CO, H_2 ·SiS, SiO, SO, NS ويحتوى الأخيران على ذرة سيليكون فى كل مما قد يضعهما فى قائمة جسيمات الغبار · ومن الملاحظ أيضا أن ستة جزيئات من بين الـ١٣ تحتوى على ذرة كربون ·

ولم يكن العلماء فى منتصف الستينات يتوقعون رصد اندماجات فى الفضاء تحتوى على ثلاث ذرات أو أكثر ، غير أنهم كانوا مقتنعين بأن مثل هذه الاندماجات قد تحدث بطريق الصدفة اذا اصطدم مثلا جزىء ثنائى مع ذرة هيدروجين أو (بنسبة احتمال أقل) مع نوع آخر من الذرات أو (بنسبة احتمال متناهية) مع جزىء ثنائى آخر · وكانوا يرون أن احتمال حدوث اندماجات من هذا القبيل بكميات ملموسة احتمال ضئيل حتى فى سحب الغاز التى تزيد فيها الكثافة عن الوسط الفضائى ·

بيد أن عام ١٩٦٨ جاء بمفاجأة كبيرة كانت بمثابة ثورة فكرية وأرست العلم الجديد المعروف باسم « الكيمياء الفلكية » · ففى نوفمبر من ذلك العام تم رصد « بصمة » جزىء الماء (H_2O) وجزىء الامونيا (NH_3) · ويتكون جزىء الماء كما نرى من ثلاث ذرات وجزىء الامونيا من أربع ذرات ·

وتتسم هذه الجزيئات بدرجة استقرار بالغة وهى عناصر شائعة على الكواكب ، فالأرض بها محيطات كاملة من المياه بينما تشكل الامونيا نسبة من مكونات الغلاف الجوى فى كل من الكواكب الغازية العملاقة · ولعلنا نتساءل الآن كيف تسنى أن تكونت مثل هذه الجزيئات المعقدة فى الوسط

الفضائى بكميات يمكن رصدها بينما لا تتيح الظروف فى هذا الوسط وقوع التصادمات اللازمة لمثل هـذه التفاعلات بالمعدل الملائم ٠

وقد تم حتى الآن رصد مالا يقل عن ١٢ نوعا مختلفـا من الجزيئات التى تضم ثلاث ذرات فى الفراغ الفضائى ، منها ثمانية تحتوى على ذرة كربون ٠ كما تم اكتشاف تسعه جزيئات آخرى يتكون كل منها من أربع ذرات ، وتحتـوى ثمانية جزيئات من التسعة على ذرة كربون (أما الجـزىء التاسع وهو لعنصر الامونيا ، فهو الوحيد الذى لا يحتوى على الكربون) ٠

وتشمل آخر احصـائية اطلعت عليهـا ٢٤ نـوعا من الجزيئات التى تحتـوى عـلى أكثر من أربع ذرات وكلهـا بلا استثناء تضم ذرة كربون ٠ ويتكون أضخم واحد من هذه الجزيئات من سلسلة تضم ١٣ ذرة ، منها ١١ ذرة كربـون وذرة هيدروجين فى أحد طرفى السلسلة وذرة نيتروجين فى الطرف الآخر ٠

وكلما ازدادت الجزيئات الفضائية تعقيدا شكل أسلوب تكونها لغزا أكبر ، فكلما كان الجزىء ضخما كان أقل تماسكا وأكثر تعرضا للانقسام نتيجة اصطدام فوتونات الضوء به ٠ وثمة اعتقاد بأن جسيمات الغبار الموجودة فى سـحب الغاز الفضائى تعمل كدرع واق للجزيئات المكونة بما يتيح لهـا استمرار البقاء ٠

وقد طرحت تصورات عديدة لأنواع شتى من التصادمات تحت أنواع مختلفة من الظروف ، وأجريت حسابات مبنية على هذه الفروض ، وذلك من أجل استنتاج الاعداد النسبية للجزيئات المكونة فى الفراغ الفضائى وأنواعها ٠ ولـكن ما من طريقة أسفرت عن نتائج قاطعة ٠ غـير أن الخلاصـة العامة لهذا العمل تفيد بأن الكيميـاء الفضـائية تعد غـير

مألوفة نظرا لما يحيط بالتفاعلات من ظروف بالغة الغرابة ، ولكنهـا فى النهـاية تخضـع لنفس القـوانين الكيميائيـة والفيزيائية السائدة على الأرض ٠

وتجدر الاشـارة الى أن ذرات الكربون تنتشر بشـكل ملحوظ فى كل الجزيئات التى تحتوى على ثلاث ذرات فأكثر ، وعددها ٤٦ من بين الأنواع الـ ٥٩ من الجزيئـات التى تم تحديدها فى الفراغ الفضائى ٠ ويبعث ذلك عـلى الاعتقاد بأن ذرات الكربون فى الفضاء الخارجى ، حيث يكون الفراغ شبه تام وتكون الظروف مختلفة كليا عن تلك السائدة عـلى الأرض ، تشكل نويات تقوم عليها البنية المعقدة للجزيئات ٠

ولا يبدو مطلقا أن علماء الفلك قد قنعوا بالأنواع الـ ٥٩ المختلفة من الاندماجات الذرية المكتشفة حتى الآن ، فقد يكون هناك مئات أو آلاف من الاندماجات المتباينة فى سحب الغاز ، ولكن ما السبيل الى رصدها ؟ ولا شك أنه كلما ازداد الجزىء تعقيدا كان موضع اهتمام أكبر ، ولـكن فى نفس الوقت كان أقل عددا وبالتالى أصعب فى رصده ٠

وعـلى ذلك فمن غير المستبعد أن تكون هناك جزيئـات سكر بسيطة أو جزيئات أحماض أمينية شاردة هنا وهنـاك وتحجبها سحب الغاز الضخمة التى تقاس أبعادها بالسـنين الضوئية ٠ ولو تجمعت هذه الكميات الطفيفة المنتشرة فى هذا الفضاء الفسـيح ربما بلغت أطنـانا ، ولكنهـا ستظل بلا شك بعيدة المنال ولن ترصد فى المستقبل القريب ٠

وينبغى لنا الآن أن نسعى جاهدين من أجـل التوصـل بدقة الى كيفيـة تكـون تلك الجزيئـات التى تم رصـدها بالفعل ٠ ولو نجح العلماء فى وضع تصور دقيق ومقبول لآلية تكون هذه الجزيئات فقد يساعد ذلك على استنتاج مزيد من التفاعلات التى تؤدى الى تكون جزيئات أكثر تعقيدا ٠ وقد ينطوى ذلك على احتمالات رائعة بالغة التشويق ٠

وهناك بالفعل عالم فلك بريطانى يرعى «فريد هويل» (١٩١٥ ــ) يبدى اعتقاده باحتمال وجود جزيئات فى السحب الفضائية تبلغ حدا من التعقيد يكفى لان تكتسى بعض خصائص الحياة • غير أن « هويل » مازال ، فى اطار هذا الفكر ، يشكل أقلية قد لا تتجاوزه هو شخصيا •

ومازالت الاحتمالات ضئيلة للغاية فى أن تكون الجزيئات والجسيمات التى تزين السحب الفضائية لها علاقة بمسألة تكوين الحياة حتى وان كانت هى نفسها خالية من أية سمة للحياة •

ولقد تكونت مجموعتنا الشمسية نتيجة تكثف سحابة غاز وغبار فضائية • واذا كانت الدلائل تشير الى آن الكتل الصلبة التى كونت الأرض لابد أن تكون قد تعرضت خلال عملية التكون لارتفاع بالغ فى الحرارة ــ وهذا من شأنه أن يدمر أى مركبات كربون معقدة ، ان وجدت ــ فربما كانت الأرض فى مهدها محاطة بطبقة رقيقة من الغاز (المتبقى بعد عملية التكون) تحتوى على بعض أنواع الجزيئات العضوية المختلفة • ومن غير المستبعد أن تكون الرياح الشمسية المبكرة قد عصفت بمعظم هذا الغاز ولكن قد يكون البعض منه قد امتزج مع الغلاف الجوى الأولى للأرض ومع المحيطات•

ونقول بعبارة أخرى : هل نحن مخطئون فى محاولة ارجاع أصل الحياة على الأرض الى لبناتها الأولى ،أى الى الجزيئات بالغة البساطة ؟ نفترض أن الأرض فى بدايتها كانت تحتوى على بعض ، على الأقل ، من الجزيئات الأكثر تعقيدا ، وانها بدأت بينما كان قد قطع شوط فى الطريق الى نشأة الحياة •

ومن شأن الأجسام الضئيلة فى المجموعة الشمسية أن تحتفظ بهذه الجزيئات الأصلية • فهناك ، على سبيل المثال، نوع من النيازك يحتوى على كميات ضئيلة من الأحماض الأمينية ومن الجزيئات التى تشبه الدهون •

وقد تحتوى المذنبات ايضا على مثل هذا النوع من الجزيئات • ويعتقد « هويل » أن المذنبات قد تكون مهدا لصور الحياة البدائية ، ولا يستبعد أن تحتوى على جزيئات تبلغ درجة من التعقيد بحيث تماثل جزيئات الفيروسات • بل انه يذهب الى أبعد من ذلك حيث يتصور احتمال انتقال نوع من الفيروسات الى الغلاف الجوى للأرض نتيجة احتكاك أحد المذنبات بها • وقد يكون هذا الفيروس من النوع المسبب للمرض والذى لا يملك الانسان ازاءه الا قدرا ضئيلا من المناعة •

أيكون ذلك هو أصل الوباء المفاجىء الذى يجتاح الأرض بين الدهر والدهر ، مثل ذلك الذى وقع فى القرن ال ١٤ على سبيل المثال ، وعرف باسم « الموت الاسود » ؟ وقد يفكر المرء فى انه لو كانت الأرض قد مرت بالفعل عبر ذيل المذنب هالى وفقا للتوقعات فى عام ١٩١٠ ، ربما تكون قد انتقلت اليها بعض الفيروسات التى تكاثرت بعد ذلك وتسببت فى عام ١٩١٨ فى انتشار وباء الانفلونزا •

غير أنى لم أقتنع مطلقا بكل ذلك ، بل ولا أذكر أى عالم اتفق مع هويل فيما ذهب اليه من تكهنات متطرفة ، ولكنى مندهش لأن هذه الأفكار لم تستغل حتى الآن كمادة لقصص الخيال العلمى •

أو ربما حدث ذلك دون أن أدرى ، فلم يعد فى وسعى قراءة كل ما ينشر من قصص الخيال العلمى •

الفصل الخامس عشر

قاعدة كثرة الضئيل

تصلني دائما رسائل تحمل أسئلة شتى ، ويفترض أصحاب هذه الرسائل أولا انى محيط بكل شيء ، وثانيا أنى أدير مكتب استعلامات مجانيا ٠

ومع ذلك فانى أحاول الرد ما أمكنني ذلك ، لأني أكره خذلان الناس ، لا سيما من يتسم منهم بقدر من الكياسة بحيث يرفق مع رسالته مظروفا عليه عنوانه وطابع البريد ٠ وقد يلاحظ القارىء أني قلت : « ما أمكنني ذلك » ، فأحيانا ترد الى أسئلة في مواضيع لا أعرف عنها شيئا ، وأحيانا أخرى قد يتطلب الرد صفحات وصفحات فلا أجد الوقت لذلك ٠

وتصلني بين الحين والحين رسالة تعوضني عن كل تعبي ، وهي تلك التي تحمل سؤالا يجعلنى أفكر ٠ وقد وردت الى مؤخرا رسالة من احدى السيدات تسألنى ما هو الفرق بين النجم والكوكب ٠ فتململت وهممت بالرد عليها قائلا : « « النجم هو جسم ضخم تحدث في جوفه تفاعلات نووية تجعله يتوهج نتيجة الحرارة ويضيء ، أما الكوكب فهو يدور حول النجم ويتسم بضآلة الحجم بما لا يتيح حدوث تفاعلات نووية فى جوفه وبالتالى فهو معتم ولا يضوى الا نتيجة انعكاس الضوء الساقط عليه من النجم » ٠

ثم توقفت وقد أصابني شيء من الدهشة وبدأت أفكر ٠ هل يمكن الفصل فى مسالة النجوم والكواكب بهذهالسهولة ، وقررت أن أكتب مقالة عن هذا الموضوع ٠

لو تأملنا فئة معينة من العناصر المتباينة فى حجمها فسوف نكتشف أنه كلما قل حجم العنصر زاد انتشاره وكثر عدده • ومن ثم نجد عدد الحجارة يفوق عدد الصخور ، ويزيد الحصى على الحجارة وحبات الرمل على الحصى • كذلك نلاحظ أن أعداد الحمار الوحشى تفوق أعداد الفيلة ، وتكثر الفئران على الحمير ، والذباب على الفئران والبكتريا على الذباب •

وتنسحب فيما يبدو « قاعدة كثرة الضئيل » هذه (كما يحلو لى أن أسميها) على الأجسام الفلكية ايضا • وتتعلق اول دلالة على ذلك بدرجة ضوى النجوم • وكان عالم الفلك اليونانى القديم هيبارخوس قد قسم النجوم الى ست فئات ـ يحتوى « المقدار الأول » على النجوم الأكثر بريقا ثم يتدرج التصنيف تنازليا حتى « المقدار السادس » ويشمل النجوم الأكثر عتامة • ونلاحظ فى هذا المجال أيضا أن عدد نجوم « المقدار الأول » قليل ، ويزيد هذا العدد مع كل « مقدار » حتى نصل الى المقدار السادس فنجده يشمل ما يربو على نصف عدد النجوم المرئية •

وكان بديهيا أن يعتقد الناس فى العصور القديمة والقرون الوسطى انه لا يوجد فى السماء سوى تلك النجوم المرئية ، فاذا كان المرء لا يرى شيئا ، فهو غير موجود • ولما ابتكر التلسكوب اتضح أن هناك نجوما خافتة بدرجة تجعلها لا تظهر للعين المجردة • فازداد عدد المراتب فى اتجاه العتامة • وأصبح هناك المقدار السابع والثامن وهلم جرا • وكلما انتقلنا من مرتبة الى أخرى فى مستوى العتامة ازداد عدد النجوم •

وكان القدماء يعتقدون بالطبع أن النجوم كلها تقع على كرة سماوية صلبة تحيط بالأرض وبالتالى فهى على نفس البعد منا • ويعنى ذلك أن التباين فى درجة بريق النجوم انما يعزى الى اختلاف حجمها (وهذا هو سبب تسمية الفئات

« بالمقــدار » حيث انه اسم ينم عن الحجم أكثر منــه درجة البريق ، وان كنا هنا سنستخدم لفظ « مرتبة » بدلا منــه لتلاؤمه أكثر مع المعنى باللغة العربية) • لا يبدو غريبا اذن أن تكون النجوم الضئيلة أكثر عددا من الكبيرة •

أما الآن وقد علمنا أن النجوم تقع على مسافات متباينة من الأرض ، أصبحت درجة البريق لا ترتهن بالحجم وحــده وانما ببعد المسافة أيضا •

غير أنه يمكن التغلب على مسألة اختلاف مسافات النجوم باختيار مسافة ثابتة ، ولتكن عشرة فراسخ فضــائية (أى ٣٢٫٦ سنة ضوئية) ، وحساب مستوى بريق النجم عند هذه المسافة ، ونحصل بذلك عــلى ما يسمى « بالمرتبــة المطلقة » للنجم • ولو رتبنا النجوم وفقا لمرتبتها المطلقة فسنجد أنه كلما علت المرتبة قلت درجة البريق الحقيقى للنجم (أى «شدة اضاءته » أو « Luminosity ») وقلت كتلته وكثر عدد النجوم من فئته • وبالقياس يتضح أن كل نجم يفوق الشــمس فى كتلته ، وبالتالى فى بريقه ، يقابله عشرون نجما يقلون عن الشمس فى الكتلة ودرجة البريق •

تزيد اذن شدة الاضاءة وتقل وفقا لتغير الكتلة ، ولــكن بمعدل أكبر كثيرا • فالنجم المعروف باسم «الغميصاء » أو الشعرى الشامية (Procyon) يزيد فى كتلته عن الشــمس بنسبة ١٫٨ ولكنه يفوقها فى شدة الاضاءة بنسبة ٥٫٨ • وتزيد كتلة « الشــعرى اليمانية » (Sirius) عن الشــمس بنسبة ٢٫٥ بينما تصل هذه النسبة الى ٢٣ مثلا فيما يتعلق بشدة الاضاءة • وفى المقابل تبلغ نســبة كتلة النجم « ٧٠ أفيوشى أ » (70 Ophiuchi A) الى كتلة الشــمس ٠٫٩٥ بينما تقل هذه النسبة لتصل الى ٠٫٣٦ فيما يتعلق بشدة الاضاءة •

ومع استمرار تنــاقص الكتلة فى فئة النجوم ســنصل الى نقطة تكون فيها شدة اضاءة النجم ضعيفة بدرجة لا تتيح رؤيته ، وذلك يعنى أننا على مقربة من الخط الفاصل الذى

يفرق بين النجوم والكواكب · فما هو اذن أقل نجم معروف في شدة اضاءته ؟

وكنت قد حددت هذا النجم في كتابي الصادر عام ١٩٧٦ بعنوان « ألفا قنطوري أقرب النجوم الى الأرض » (Alpha Centauri, the riearest star) ، وقلت انه النجم « فان بييسبروك » (Van Biesbroek) الذي يحمل هذا الاسم نسبة لعالم الفلك الأمريكي البلجيكي الأصل « جورج فان بييسبروك » الذي اكتشفه في عام ١٩٤٠ ، ويمكن اختصار هذا الاسم الى « ف ب ١٠ » ·

وتقدر المرتبة المطلقة للنجم « ف ب ١٠ » ، وفقا لأحدث معلومات ، ب ١٨٫٦ وذلك يعني ان هذا النجم يقل في مرتبته عن الشمس بنسبة ١ : ١٣٫٩ · وتعد المرتبة ، من وجهة النظر الرياضية ، دالة لوغاريتمية ، أى أن كل وحدة مرتبة تتضمن انخفاضا في شدة الاضاءة بنسبة ٢٫٥١٢ · وذلك

من شدة اضاءة « ف ب ١٠ » أو زهاء ١ : تساوى ١ : ٣٥٠٠٠٠ أو ٣٠٠٠٠٠٠ ٫٠ من الشمس أو باختصار ٣٠٠ ٠٠٠ ٫٠ (ش) ·

ولو احتل مثل هذا النجم مكان الشمس لوجدنا في السماء جسما يقل عنها كثيرا في الحجم ، حيث يقدر قطره بما لا يزيد على ٢٠٠ ألف كم أى $\frac{1}{7}$ من قيمة قطر الشمس، وذلك يعني أن زاويته القطرية ستربو قليلا على ٤ دقائق وسيبدو كقرص ضئيل للغاية بدلا من مجرد نقطة مضيئة ·

وسوف يشع النجم « ف ب ١٠ » ضوءا أحمر ، لأن حجمه لا يتيح تولد قدر كاف من الطاقة النووية في جوفه بما يرفع درجة الحرارة على سطحه لأكثر من درجة التوهج الأحمر · ولم يكن ضوء ذلك النجم سيتجاوز ١٫٣ مثل ضوء القمر وهو بدر ، أى ان نهار الأرض سيكون كمثل الليل في ضوء يزيد قليلا على ضوء القمر · أما عن القمر نفسه ، فانه

سيمكس في مثل هذه الحالة الضوء الأحمر المنبعث من « ف ب ١٠ » ، وبالتالي لن يتجاوز كل ما سيشعه من ضوء بريق نجم مثل « السماك الرامح » (Acturus) • وبتوزيع هذا القدر من الضوء على سطح القمر لن يصبح مرئيا بالمرة بالعين المجردة •

وقد ظل « ف ب ١٠ » محتفظا بمكانته الى أن اكتشف في عام ١٩٨١ نجم أكثر عتامة ، ثم اكتشف آخر في عام ١٩٨٣ يفوقهما عتامة • ومازال هذا النجم الأخير المعروف باسم « ل • هـ • س ٢٩٢٤ » (LHS 2924) يتذيل القائمة وتبلغ قيمة مرتبته المطلقة ٢٠ ، وهذا يعني أن شدة اضاءته

تعادل من شدة اضاءة « في ب ١٠ » أو زهاء ١ : ١٢٠٠٠٠٠ من شدة اضاءة الشمس (٨ × ١٠ ^٧^ ش)
ولو احتل موقع الشمس لكانت نسبة ضوئه ٢ : ٥ من ضوء القمر وهو بدر •

وقد نتساءل ما هي كتلة مثل هذه النجوم بالغة الضعف؟ ان الرد على هذا السؤال باجابة تتسم بأى نوع من اليقين أمر بالغ الصعوبة • ولكن تفيد أقرب التقديرات بأنها في حدود ٠٦ر٠ من كتلة الشمس (أو $\frac{١}{١٧}$ من كتلة الشمس) •

ولعلنا الآن نتناول الموضوع من طرفه الآخر ونتساءل ما هو أثقل جسم معروف في نطاق الاجرام التي لا تتيح كتلتها تولد قدر كاف من أى نوع من الحرارة بما يجعله يسطع ذاتيا ؟ •

والاجابة على هذا السؤال سهلة حيث يعد كوكب المشترى (Jupiter) هو أضخم جسم غير متوهج وان هو مرئي الا بفضل انعكاس ضوء الشمس عليه •

وتبلغ كتلة المشترى $\frac{١}{١٠٠٠}$ من كتلة الشمس (٠٠١ر٠ ش) ، أى أن كتلة النجم « ل هـ س ٢٩٢٤ » تعادل ٦٠ مثل كتلة المشترى (أى ٦٠ م) • وهذا يعني أن الخط

الفاصل بين النجم والكوكب يقع فى مكان ما فيما بين (١م)
و (٦٠م) • وقد لا يكون هذا الخط فاصلا حادا ، لأن هناك
عوامل أخرى غير الكتلة (مثل التركيب الكيميائى للجسم)
قد تؤثر على قدرة الجسم على توليد الضوء ذاتيا •

ومع ذلك يمكن على سبيل القياس اعتبار (١٠ م) هى
الخط الفاصل ، أى أن أى جسم تقل كتلته عن ١٠ أمثال
كتلة المشترى يعتبر كوكبا بينما يدخل أى جسم يزيد فى
كتلته على ١٠ أمثال المشترى فى فئة النجوم •

ومن المسلم به أن عدد الكواكب فى الكون ينبغى ، طبقا
لقاعدة كثرة الضئيل ، أن يزيد كثيرا على عدد النجوم ، لأن
الكواكب ضئيلة والنجوم كبيرة الحجم •

وينطبق ذلك تماما على مجموعتنا الشمسية ، فهى تحتوى
على جسم واحد فقط يبلغ من الحجم ما يؤهله لأن يكون نجما
وهو الشمس ، وتشتمل فى المقابل على عدد لا حصر له من
الأجسام المعتمة التى تدور حول الشمس والتى تتباين فى
حجمها من المشترى إلى جسيمات الغبار الميكروسكوبية •

وتعد « المتعملقات الغازية » : « المشترى » و « زحل »
و « أورانوس » و «نبتون» هى أكبر أربعة أجسام تدور حول
الشمس ، ويربو قليلا مجموع كتلتها على ٩٩٪ من اجمالى
كتلة الاجزام التى تدور حول الشمس • أما سائر الأجسام
الأخرى بما فيها الأرض وكل الكواكب الصغيرة والأقمار
والشهب والنيازك والمذنبات فهى تقل مجتمعة عن نسبة
الواحد فى المائة المتبقية • ويمكن القول بنظرة عملية ان
المجموعة الشمسية تتكون من الشمس وأربعة كواكب ثم
مجموعة شتات لا تذكر •

ويعد أورانوس أصغر عملاق غازى يدور حول الشمس
ولا تزيد كتلته على $\frac{١}{٢٢}$ من كتلة المشترى • وينطبق ذلك مع

القول بأن كل الأجسام التى تزيد كتلتها على « ۱۰ م » تعتبر نجوما والتى تقل كتلتها عن « ۱۰ م » وحتى ٠٫٠٥م تعتبر كواكب ، اما ما يقل عن ذلك (بما فيها الأرض) فتعتبر « كويكبات » ٠

اذن ، تتكون مجموعتنا الشمسية وفقا لهذا التعريف من نجم واحد وأربعة كواكب وعدد لا يحصى من الكويكبات ٠ ولو كانت النجوم الأخرى فى الكون تحيط بها مجموعة كمجموعتنا الشمسية (وهذا هو الانطباع العام لدى علماء الفلك) فهذا يعنى أن عدد الكواكب فى الكون يعادل أربعة أمثال عدد النجوم ٠

غير أن هذا الرأى يقصر الكواكب على تلك الاجسام المعتمة التى تدور حول النجوم ٠ أليس من الوارد أن تكون هناك كواكب مستقلة تماما عن النجوم ؟

ثم ألا يكثر عدد النجوم لو قل حجمها (وفقا لقاعدة كثرة الضئيل) ؟ فلماذا اذن نقصر أنفسنا على تلك النجوم التى نرصدها بما لدينا من أجهزة ونفعل كسلفنا حين قصروا عدد النجوم على ما يرونه بالعين المجردة ؟

وأيا كان الأسلوب الذى يتكون به النجم ، فمن شأنه أن يسفر عن تكون نجوم متوسطة الحجم باعداد أكبر من النجوم الضخمة ، ونجوم ضئيلة بأعداد أكبر وأكبر من النجوم المتوسطة ٠ والآن أليس من الوارد أن يفضى هذا الأسلوب الى تكون نجوم صغيرة للغاية لدرجة لا تسمح لها بتولد تفاعلات نووية تتيح توهجها ؟ لن تكون مثل هذه « النجوم » بالغة الضآلة سوى كواكب لا تدور حول أى نجم ، ولكنها ستدور بشكل منفرد مستقل حول مركز المجرة ٠ انها ستكون أشبه بالكويكبات السيارة فى المجموعة الشمسية ، فهذه الكويكبات ضئيلة لدرجة تؤهلها لأن تكون أقمارا ومع ذلك فهى ليست بأقمار ، ولذلك تدور حول الشمس مباشرة بدلا من الدوران حول أى كوكب قريب ٠

وهناك اتجاه لتسمية هذه الأجسام الكوكبية المستقلة « بالمتقزمات السوداء » ، ولكنى لا أجد هذا الاسم ملائما ، لأنه يستخدم أيضا فى حالة المتقزمات البيضاء وهى النجوم التى وصلت الى نهاية أجلها فلم تعد تشهد تفاعلات نووية ، وانخفضت حرارتها لدرجة أنها لم تعد تشع أى قدر ملموس من الضوء ، فضلا عن أن مثل هذه المتقزمات قد تكون كتلتها أكبر كثيرا من تلك التى نضعها فى مصاف الأجسام الكوكبية ٠

ويبدو لى أنه من الأنسب أن نطلق على الأجسام الكوكبية المستقلة فى المجرة اسم « الكواكب الأولية » وعلى الأجسام الكوكبية التى تدور حول النجوم اسم « الكواكب الثانوية » (وقد نستخدم أيضا وصف أولية وثانوية فى تقسيم الكويكبات) ٠

ورغم أنه قد تم رصد عدد لا حصر له من النجوم فى مجموعتنا الشمسية فلم يحدث أن رصدت على وجه اليقين كواكب ثانوية بخلاف الأربعة المذكورين سالفا ٠ صحيح أنه قد رصدت ذبذبات فى حركة بعض النجوم القريبة وفسرها البعض بوجود كواكب ثانوية تدور حولها غير أن مثل هذا التفسير لم يعد مقبولا بصفة عامة ٠

وقد رصدت فى وقت لاحق أحزمة من الغبار والحصى حول بعض النجوم وفسرها أيضا البعض بوجود كواكب ثانوية ، غير أن تلك المسألة مازالت موضع شك ٠

أما بالنسبة للكواكب الأولية فيبدو الوضع أصعب كثيرا ٠ فاذا كان الأمل فى رصد كواكب ثانوية يقترن على وجه التحديد بوجود نجم قريب ، حيث انها اما ستؤثر بقوة جاذبيتها على مساره فتتذبذب حركته بما ينم عن وجودها ، واما ستعكس ضوءه فترصد ، فان تعريف الكواكب الأولية

(ان وجدت) يقتضى عدم وجود نجوم قريبة منها ، فلا تذبذب فى حركة نجم ولا انعكاس لضوء .

فهل يمكن بعد ذلك رصد الكواكب الأولية بالملاحظة المباشرة ؟

نعم ، ذلك أمر وارد !

فحتى لو كان مجال جاذبية مثل هذا الكوكب أضعف من أن يرصد ، وحتى اذا لم تكن لديه القدرة ليشع ضوءا ذاتيا ، أو لديه الفرصة ليعكس ضوءا آخر ، فمازال هناك احتمال أن يكون ساخنا بدرجة تكفى لأن يصدر قدرا من الأشعة تحت الحمراء أو أى نوع مميز من الاشعاعات الميكروويف ، وبالتالى يمكن ايجاد وسيلة لرصده .

ويمكن تعزيز امكانية رصد مثل هذا النجم بواحدة من وسيلتين : اما عن طريق نشر تلسكوب فضائى ضخم تتجاوز قدرته التلسكوبات الأرضية ، أو عن طريق ارسال سفن فضاء تحمل روادا فى مهام استكشافية الى أبعد كثيرا من نطاق المجموعة الشمسية .

وثمة احتمال أخير وان كان بالغ الضآلة ، فقد يكون أحد هذه الكواكب الأولية يدور حول مركز مجرة ما فى مسار يتقاطع مع الشمس . وقد يتصادف أن يشق هذا الكوكب طريقه من الفراغ الفضائى متجها صوب الغلاف الخارجى لمجموعتنا الشمسية . وأى ابهار سنشعر به لو حدث ذلك !

ومازالت هناك أنواع أخرى من الدلائل والبراهين .

فالمعلومات المتاحة لدينا تبعث على تقدير كتلة المجرة النمطية (مثل مجرتنا على سبيل المثال) بمائة بليون مثل كتلة الشمس . وتتركز هذه الكتلة أساسا صوب جوف المجرة ، حيث قد يتواجد نحو ٩٠٪ من الكتلة فى جوفها العميق ، ولا يمثل هذا الجوف الا نسبة ضئيلة من الحجم

الاجمالى للمجرة بينما تنتشر نسبة الـ ١٠٪ المتبقيــة فى المناطق الخارجية الفسيحة ٠

ويشكل ذلك بعض التماثل مع مجموعتنا الشمسية حيث تتركز معظم الكتلة فى الشمس المركزية بينما تنتشر نسبة ضئيلة فى المناطق الخارجية الممتدة للمجموعة ٠

ولو كان هــذا التــوزيع يشــكل بالفعل بنية المجرات النمطيه فهذا يعنى أن دوران الأجسام الكوكبية فى هــــذه المجرات سيماثل مايحدث فى مجموعتنا الشمسية ٠ فاذاكانت الكواكب فى مجموعتنا على سبيل المثال ، تدور حول الشمس بمعدل أبطأ كلما زاد بعد مداراتها ، وذلك بسبب تضاؤل قوة جاذبية الشمس ، فان علماء الفلك يتوقعون بالقيــاس انه كلما ازداد بعد أية منطقة مجرية عن مركز المجرة قلت سرعة دوران النجوم فى هذه المنطقة ٠

غير أن العلماء نجحــوا فى الســنوات الأخيرة فى قياس معدلات الدوران فى مناطق مجرية عــلى أبعاد متزايدة من المركز ولشد ما كانت دهشتهم أن اكتشفوا خطأ تقديراتهم ، فلم تكن معدلات الدوران تقل مع المسافة حسب توقعاتهم ٠

نستنتج من ذلك اذن أن كتلة المجرة ليست مركزة صوب الجوف كما كان يعتقد ، بل لابد وأن تكون منتشرة للخارج الى أبعد مما يبدو من حدود للمجرة ٠

ومن التفسيرات المطروحة ان تكون كل مجرة (بما فيها مجرتنا) محاطة ـ علاوة على النجوم المرئية ، بهالة من الأجسام غير المرئية ، وبالتالى تتسم بكتلة تزيد كثيرا على تقديراتنا ٠

ولو كان ذلك التفسير صحيحا فانه يحل مشكلة أخرى ! فالمجرات مقسمة الى مجموعات مختلفة الحجم ٠ ولو تدارسنا واحدة من هذه المجموعات فســنجد المجرات تتحرك بشــكل عشــوائى فى اطارها ٠ ومن شــأن مثــل هــذه التحركات

العشوائيه ان تؤدى الى افلات المجـرات وانهيار المجمـوعة ، الا لو كان مجال جاذبية المجموعة ككل شديدا لدرجة تربط الاجسام الى بعضها رغم تحركاتها • غير أن كتلة المجموعة ، وفقا لمحتوياتها من النجوم المرئية ، لا تكفى لايجاد مثل هذا المجال القوى ، لا سيما كلما ازداد حجم المجموعة •

الا أن ذلك اللغز يبدو أقل صعوبة بمجـرد الأخـذ فى الحسبان بكتلة تلك الهالة غير المرئية ، وبافتراض انتشـار بعض الأجسام فيما بين مجرات المجموعة •

ولو انتقلنـا الى نطاق أوسـع ، أى نطاق الكون ككل ، فسنجد أن اجمالى ما يحتويه من كتلة لا يتجاوز ١٪ من الكتلة اللازمة لمنعه من التمدد الى مالا نهاية (أى أن يكون « كـونا مفتوحا) • ويرى البعض من العلماء أن القول بأن الـكون « مغلق » يتناسب أكثر مع المنطق ، ومن هنـا فهم يعتقدون مرة أخرى أن الهالات غير المرئية فى المجرات تشكل الاضافة اللازمة للكتلة •

ولكن اذا كانت الهالات المجرية قد أوجدت حلولا لألغاز المجرات الدوارة وتماسك مجموعات المجرات وما يبدو من سمات توحى بأن الكون مفتوح ، فانها قد أوقعتنـا فى لغـز آخر • فمم تتألف هذه الهالات؟ واذا كانت لها كتلة لا نستطيع أن نراها لأنها ليست بنجوم ، فما هى مكوناتها ؟ (ويطلق علماء الفلك عـلى هـذه المسـألة اسـم « غمـوض الكتلة المفقودة ») •

ومن بين الحلول المطروحة بالطبع أن تكون هذه الهالات مكونة من عدد لا حصر له من الكواكب الأولية ، فمثل هـذه الكواكب لا تتوهج وليس هناك ما تعكسه من ضوء وبالتالى فهى غير مرئية بالمرة ، الا أنه من شأنها أن تعزز بشكل ملموس مجـالات الجاذبية بالنسبة للمجرات ولمجموعات المجرات ثم للكون ككل •

ولو افترضنا أن متوسط كتلة الكوكب الاولى تعادل كتلة المشترى وأن هناك الفا من مثل هذه الكواكب فى الهالة مقابل كل نجم مرئى فى المجرة ، فذلك يكفى لأن يضاعف الكتلة الظاهرية للمجرة ٠

وباضافة الكواكب الأولية المنتشرة عشوائيا داخل كل مجرة وفى الفضاء المحيط بالمجرات فقد يصل هذا العدد الى مائة ألف من النجوم الأولية مقابل كل نجم مرئى فى الكون٠ وذلك من شأنه أن يفسر تماسك المجرات وأن يجعل الكون مغلقا وأن يزيل الغموض عن مسألة الكتلة المفقودة ٠

غير أن رقم مائة ألف من الكواكب الأولية مقابل كل نجم مرئى يبدو مبالغا فيه حتى بالنسبة لقاعدة كثرة الضئيل ٠ ولكن لماذا نعزو كل الكتلة المفقودة الى الكواكب الأولية ؟ أليست هناك احتمالات أخرى ؟

لقد علمنا أن المجرات تحتوى على ثقوب سوداء ٠ وقد تصل كتلة كل واحد من هذه الثقوب الى مقدار كتلة نجم ، بل ونجم ضخم ، ومن غير المستبعد أن تبلغ كتلة مجموعة كاملة من النجوم ٠ ورغم هذه الكتلة الضخمة فقد تكون الثقوب السوداء المنعزلة فى الفضاء غير مرئية تماما مثل الكواكب الأولية ٠

ومن ثم فقد تكون الهالات المحيطة بالمجرات مكونة من عدد كبير من الثقوب السوداء مع عدد اقل كثيرا (وأقرب الى المنطق) من الكواكب الأولية ٠

غير أن هذا الاحتمال يبعث لغزا آخر : فعندما تكونت المجرات لابد وأن مجالات جاذبيتها قد عملت على دفع النجوم المرئية بقوة صوب جوفها ، فلماذا لم تعمل أيضا على جذب

الكواكب الأولية والثقوب السوداء بنفس القـوة صـوب المركز ؟ لماذا يتركز صوب الجوف نوع من الكتل دون الآخر ؟

ثم ان هنـاك وجه اعتراض أشد عـلى هذا الاحتمال ، فهناك من الاسباب النظرية ما يبعث على الاعتقاد بأن عـدد البروتونات والنترونات التى يمـكن أن يحتـويها الـكون يتلاءم مع ما يبدو من كتلته • وعلى ذلك فاذا كان وزن الكون أكبر بكثير مما يبدو ، فلابد أن الزيادة فى الكتلة تتكون من شىء آخر غير البروتونات والنترونات •

ولما كانت الكواكب الأولية والثقوب السـوداء تتـكون بشكل شبه كلى من البروتونات والنترونات، واذا كانت تلك البراهين النظرية صحيحة ، فذلك يعنى أن الكواكب الأولية والثقوب السوداء ليست مسئولة عن الكتلة المفقودة • وينبغى اذن لعلماء الفلك أن يبحثوا عن تفاسير أخرى غير مألوفة مثل النيوترينات أو جسيمات أخرى غريبة غير التى نعرفها •

ولا يعنى ذلك بالطبع انه لا وجود بالمرة للكواكب الأولية وانما يعنى انها ليست موجودة بأعـداد كبيرة • ولا يشـكل وجود عدد ضئيل نسبيا من مثل هـذه الأجسـام أى تجاوز للعدد المقبول منطقيا من البرتونات والنترونات • ولا شك أنه كلما قل هذا العدد ازدادت صعوبة رصد هذه الأجسام •

ولكن قد يطرح البعض سؤالا آخر هو : هل قاعدة كثرة الضئيل تسرى فى جميع الأحوال ؟

والاجابة هى : بالطبع لا • فلو حللنا على سبيل المثـال عينة عشوائية من الرجال أو النسـاء من حيث طـول القامة فسنجد أن عدد متوسطى القامة لا يزيد عـلى عـدد طـوال القامة فحسب ، وانما يزيد أيضا على عدد قصـار القامة • ويمكن القول بصفة عامة ان أى توزيع عشوائى يحتوى فى

بدايته على عدد ضئيل ، ثم يتزايد هذا العدد كلما اتجهنـا صوب القيمة المتوسطة للسمة المقاسة ، الى أن نصل الى الحد الأقصى ثم يبدأ العدد فى التناقص مرة أخرى ·

فهل ينطبق ذلك التوزيع على النجوم ، فيصـل عـددها الى حد اقصى عند حجم معين ثم يقل هذا العدد اذا زاد الحجم أو نقص ؟

وللرد على هذا السؤال لابد من الرجوع الى الكيفية التى تتـكون بها النجوم · تبدأ النجوم فى التـكون عن طـريق تكثف سحابة ضخمة من الغاز والغبار · وكلما زادت كتله السحابة ، زادت كتلة النجم الذى ستكونه ، أو عدد النجوم التى ستكونها ، أو الاثنان معا · والعكس صحيح ، فمن شأن النجوم بالغة الضآلة أن تتكون من سحب ضئيلة نسبيا · غير أنه كلما قل حجم السحابة كان مجال جاذبيتها أضعف ، وقل احتمال التكثف بفعل قوة الجذب الداخلى الذى سيولده هذا النجم ·

ويقول بعض علمـاء الفلك انه اذا كان حجم السـحابة ضئيلا لدرجة لا تتيح أن ينجم عن تكثفها كوكب أولى ، فليس من شأن مثل هذا الحجم أن يؤدى الى تكثف السحابة على الاطلاق · ومما يؤكد ذلك أن الكواكب الثانوية مثل المشترى والكويكبات الثانوية مثل الأرض لم تتكون بالتكثف ، وانما لأنها كانت موجودة على هيئة دوامات غازية فى الغلاف الخارجى لسحابة كانت على درجة من الضخامة أتاحت تكون الشـمس بطريق التكثف ·

ومن هذا المنطلق نستنتج أن وجود ما يسمى بالكواكب الأولية أمر بعيد الاحتمال · وفى هذه الحالة قد نضطر الى

الاكتفاء بالتعريف البسيط الذى بدانا به للتمييز بين النجوم والكواكب وهو أن النجوم تعد أجساما ثقيلة تشع الضوء ، أما الكواكب فهى أجسام ضئيلة لا تشع ضوءا وتدور حول النجوم ٠

وتبقى نقطة آخيرة قبل أن ننهى هذه المقالة ٠

ففى حالة النجوم العادية ، مثل الشمس فى مجموعتنا، تتولد الطاقة التى تسبب توهجها ، نتيجة الاندماج النووى الذى يحدث فى جوفها و يحول الهيدروجين ـ١ الى هليوم ـ٤ ٠

ولكى يحدث مثل هذا التفاعل لابد أن تكون درجة الحرارة قد بلغت قيمة معينة فى جوف النجم أثناء تكثفه من السحابة الأصلية ٠ ولقد أظهرت الحسابات أن درجة الحرارة لن تصل الى هذه القيمة لو قلت كتلة النجم المتكثف عن ٠٨٥ر٠ مثل كتلة الشمس (أى حوالى $\frac{١}{١٢}$ من كتلتها) ٠

ومع ذلك ، فلو بدأ نجم فى التكثف بينما تقل كتلته عن $\frac{١}{١٢}$ من كتلة الشمس فقد تصل الحرارة فى جوفه الى درجة تكفى لاندماج الهيدروجين ـ٢ (الديوتيريوم) وتحوله الى هليوم ـ٣ (فالديوتيريوم هو أسهل أنواع الذرات المستقرة من حيث استعداده للاندماج النووى) ٠

غير أن الديوتيريوم يقل كثيرا فى درجة شيوعه عن الهيدروجين ـ ١ ، ولذلك فهو يستهلك بمعدل أسرع كوقود لعملية الاندماج النووى ٠ ومن ثم فمن شأن النجوم التى تعتمد على اندماج الديوتيرم ألا تسطع الا لبضعة ملايين السنين ، بينما تظل النجوم التى تعتمد على اندماج الهيدروجين تسطع لبلايين السنين ٠

وقد يصل النجم الى حد من الضآلة لا يتيح أى اندماج نووى على الاطلاق ٠ ومع ذلك فقد تؤدى الطاقة الحركية الناجمة عن انقباضه الى تولد قدر من الحرارة يكفى لتوهجه،

وان كان هذا التوهج لن يستمر الا لفترة أقل حتى من عمر النجوم الديوتيريومية ·

وقد يستبعد البعض مثل هذه النجوم الضئيلة ، التي لا تعتمد في توليد ضوئها على الاندماج الهيدروجيني ، من فئة النجوم الحقيقية ، وربما كان أحرى أن يطلق عليها اسم « النجيمات » ·

ومن شأن هذه النجيمات ، ان وجدت ، أن تكون مرئية وقريبة بشكل ما من الأرض · ولما كانت كتلة النجوم مثل « ف ب ١٠ » و « ل هـ س ٢٩٢٤ » (وأى نجوم مماثلة لهما) تقل قليلا فيما يبدو عن $\frac{١}{١٢}$ من كتلة الشمس ، فقد تكون من النجيمات ·

الفصل السادس عشر

النجـوم العـلاقة

يجتمع أعضاء « نادى الضيافة الهولندى » ، وأنا عضو فيه ، أسبوعيا لتناول الغداء والترويح . وفيما عدا أشـهر الصيف ، يضـاف الى البرنامج شىء من المتعة والتثقيف فى صورة محاضرة لطيفة مفيدة ، لا سـيما وأن كل المشتركين فى النادى من العاملين فى مجال الاتصالات وأنا مشترك فيه بصفتى كاتبا .

وتلقيت ذات مرة مكالمة عاجلة ليلة الاجتماع يرجوننى فيها انقاذ الموقف بعد اعتذار المحاضر الأصلى .

فتساءلت هـل يمكننى تجهيز شىء فى مثل هـذا الوقت القصير ! وواتتنى فكرة ، فلدى قدرة على الغناء وان لم أكن موهوبا ، ولا أخجل مطلقا من مواجهة الناس ، فوافقت .

وعندما حان وقت الترويح فى اليـوم التالى ، وقفت ، وساد الحضور الترقب ، وأعلنت بخفـة ظلى المعهـودة انى سأغنى النشيد الوطنى الأمريكى بمقاطعه الأربعة ، بما فيها المقطع الثالث الذى ألغى رسميا لما ينطوى عليه من جريمـة الاساءة الى أصدقائنا الأعزاء البريطانيين حيث يصفهم بشكل جماعى مستخدما ذلك التعبير اللطيف : «المرتزقة والعبيد» .

ورغم أن الهولنديين يحبـون نشيدنا القـومى الا أنى لاحظت على وجه كل منهـم علامة الاسـتنكار والتأفف ، فهم يسمعونه فى كل لحظة ولا ينقصهم أن يروحوا عن أنفسـهم به ، وعلت الهمهمة وهمسات التبرم .

ولكنى لم أتراجع ولم أتردد ولم أرتبك ، رغم علمى بأن الهولنديين لا يعرفون عن النشيد سوى السطر الأول من المقطع الأول ، وكثير منهم لا يعلمون حتى وجود ثلاثة مقاطع أخرى ولا يعرفون قصة هذا النشيد ! وكان هدفى هو أن أخبرهم عنها ٠

ورويت تلك القصة المثيرة ، وشرحت الهجوم البريطانى الثلاثى الذى وقع عام ١٨١٤ وهدد بالقضاء على الولايات المتحدة وهى فى مهدها قبل ٣١ سنة فقط من اعتراف بريطانيا العظمى بها كدولة مستقلة ٠ وأوضحت لهم كيف أن مصير الولايات المتحدة كله كان مرهونا بسقوط قلعة ماك هنرى فى ميناء « بالتيمور » ، وكيف أن القصف الليلى البريطانى كان سيحدد ما اذا كانت راية النجوم والأشرطة (العلم الأمريكى) ستظل ترفرف أم لا ٠

وكنت قبل كل مقطع من النشيد أشرح كلماته ومعانيه ثم أشدو به بوضوح تام حتى تصل كل كلمة الى آذان الحضور ٠ ولم أكن أبالى بالنشاز أحيانا مع الموسيقى المصاحبة فأنا أولا وأخيرا لست بمطرب محترف ٠

وعندما انهيت المقطع الرابع بقوة المنتصر لاحظت على وجوه الحضور ، الذين سخروا فى البداية ، حماسا منقطع النظير لم أعهده من قبل ، حتى انه بدا لى أن هؤلاء المنهكين الذين سئموا الانغماس المستمر فى الملذات لن يتوانوا عن التوجه الى أقرب مركز للتطوع ليسجلوا أسماءهم لو طلب اليهم ذلك ٠

وعندما استعدت ذلك الموقف فى ذهنى فى وقت لاحق ، بدا لى ان ما شعرت به من ثقة فى هذا اليوم انما هو مستمد من تلك المقالات التى أكتبها للمجلة ٠ فأنا على استعداد لمناقشة أى شىء مع أى قارىء مثقف ، لا لشىء الا لأنى أثق فى قدرتى على تقديم وجهة نظرى بالأسلوب المقنع ٠

●●●

تحدثنا فى الفصل السابق عن النجـوم الأصغر حجما ولعله من المناسب أن نتناول الآن النجوم الأكبر حجما ٠

وسوف نبدأ بالشمس ، ذلك النجم الوحيد القريب منا بدرجة تتيح رؤيته بالعين المجردة كنقطة مضيئة ٠

تعد الشمس جسما ضخما بالمقاييس الأرضية، فمتوسط قطر الأرض يبلغ ١٢٧٤٢ كم ، ولو اعتبرنا هـذا المقدار يساوى ١ فان قطر المشترى ، هـذا الـكوكب العمـلاق فى مجموعتنا الشمسية ، سيعادل ١١ر١٨ ، أما قطر الشمس فسيصل الى ١٠٩ر٢ (حيث ان قطر الشمس يعادل ٩ر٧٧ مثل قطر المشترى) ٠

ولو اعتبرنا أن حجم الأرض ، الذى يربو على تريليون كم٣ ، يساوى ١ فان حجم المشترى يصل الى ١٤٠٠ ، أى لو كان المشترى كوكبا أجوف لأمكنه احتواء ١٤٠٠ كرة بحجم الأرض لو أزيلت كل الفراغات بينها ٠ أما حجـم الشـمس فيعادل ١٣٠٠ ٠٠٠ وفقا لهذا الحساب ، ولو كانت الشمس جوفاء لأمكن حشوها بـ ٩٠٠ كوكب بحجم المشترى ٠

ولو تحدثنا عن الكتلة فسنجد أن كتلة الأرض تناهز ٦ تريليون تريليون كجم ، ولو اعتبرنا هذا المقدار يساوى ١ فسنجد أن كتلة المشترى تعادل ٣١٧ر٨٣ بينما تصل كتلة الشمس الى ٨٦٥ ٣٢٢ ٠

ويصل اجمالى كتلة الأجسام التى تدور حول الشمس ــ بما فيها كل الـكواكب والأقمار والـكويكبات والمذنبـات والشهب والنيازك ــ الى ٤٤٨ ، أى أن كتلة الشمس تعادل ٧٤٣ مثل مجموع كتلة بقية المجموعة الشمسية ٠ وهذا يعنى بعبارة أخرى ، أن الشـمس تشـكل ٩٩ر٨٦٦٪ من كتلة المجموعة الشمسية ٠

وبغض النظر عن مقارنة الشمس بالـكواكب ، التى تبدو كمقارنة عملاق جبار بأقزام متناهيـة الضآلة ، كيف

تبدو الشمس قياسا بالنجوم الأخرى ؟ · هنا قد تختلف الأمور ·

وسوف نبدأ المقارنة بالقياس مع أقرب مائة نجم من الأرض · وتعد هذه النجوم قريبة بدرجة تجعلنا على قدر من اليقين من حيث معرفة تفاصيلها · ولو حاولنا اختيار مائة نجم فى منطقة بعيدة نسبيا ، فقد يكون بينها عدد من النجوم الصغيرة الضعيفة بحيث تصعب رؤيتها ·

وبدراسة النجوم المائة الأقرب الى الأرض نجد أن ٩٧ منها تقل كثيرا فى حجمها عن الشمس · أما النجم « ألفا قنطورى أ » (Alpha Centauri A) ، وهو القرين الأكبر فى النجم الثنائى ألفا قنطورى ، فله نفس حجم الشمس تقريبا ·

وهناك نجمان فقط من المائة تزيد كتلة كل منهما على كتلة الشمس وهما « الشعرى الشامية » (Procyon) الذى تعادل كتلته ١ر٧٧ مثل كتلة الشمس و « الشعرى اليمانية » وتصل كتلته الى ٢ر٣١ مثل كتلة الشمس ·

ولو كانت النجوم المائة الأقرب الى الأرض تمثل عينة نمطية لتوزيع النجوم فى الكون (وهو أمر وارد) ، فهذا يعنى أن ٢٪ فقط من النجوم تتجاوز الشمس فى ضخامتها ·

فهل هذا يعنى أن الشمس تعد نجما عملاقا مهولا ؟

والاجابة هى لا ، لأن تناول المسألة بهذه الطريقة ينطوى على مغالطة ·

فالأرض على سبيل المثال ، لا يزيد عليها من حيث الحجم سوى خمسة أجرام هى الشمس والمشترى وزحل وأورانوس ونبتون · أما الأجرام التى تقل فى حجمها عن الأرض فهى

أربعة كواكب وعشرات من الأقمار ومئات الألوف من الكويكبات السيارة ومئات البلايين من المذنبات وعدد لا حصر له من تريليونات الحطام الفضائي • فهل هذا يعنى أن الأرض جرم ضخم ؟

ان كثرة عدد الأجسام التى تقل فى حجمها عن الأرض لا يعنى أكثر من مجرد مثل لـ « قاعدة كثرة الضئيل » ، التى ناقشناها فى الفصل السابق ، بدليل أن مجرد وجود شمس واحدة يكفى لاعتبار الأرض جسما بالغ الضآلة •

من هذا المنطلق فان العبرة ليست بعدد النجوم التى تزيد فى حجمها عن الشمس وانما بنسبة الضخامة التى قد تكون عليها بعض النجوم مقارنة بالشمس •

وليست عملية تقدير كتلة نجم بالأمر اليسير • ولعل أفضل طريقة تتمثل فى قياس شدة مجال جاذبيته حيث انها تتناسب طرديا مع الكتلة • ويمكن قياس قوة الجاذبية عن طريق رصد رد فعل أى جسم قريب من النجم •

ففى حالة النجوم الثنائية على سبيل المثال ، هناك نجمان يدوران حول مركز ثقل مشترك • ولو علمنا بعد الثنائى عن الأرض يمكن حساب المسافة بين النجمين ، وباستخدام تلك المسافة مع مدة الدورة الواحدة يمكن استنتاج الكتلة الاجمالية للنجمين ، ثم يمكن بعد ذلك تحديد كتلة كل منهما على حدة عن طريق الأبعاد النسبية لكل من المدارين •

ومن حسن الحظ أن أكثر من نصف النجوم فى السماء موجودة على هيئة ثنائيات • ويعد « الشعرى الشامية » و « الشعرى اليمانية » طرفين فى نجمين ثنائيين ، ولذلك يطلق عليهما الشعرى الشامية أ والشعرى اليمانية أ لأن كلا منهما يعد أثقل من قرينه فى الثنائى • ويطلق على القرينين فى حالتنا هذه « الشعرى الشامية ب » و « الشعرى اليمانية ب » وهما من المتقزمات البيضاء •

وقد ندع مؤقتا مسالة الكتلة ونقارن بين النجوم من حيث شدة الاشعاع ، ولا نعنى هنا كم هى ساطعة فى السماء ، لأن درجة البريق لا تعتمد على شدة الاشعاع فحسب ، وانما ترتهن أيضا بالمسافة التى تفصل بين النجوم والأرض .

ولقد شرحنا فى فصل سابق معنى «شدة الاضاءة المطلقة» وذكرنا أنها درجة البريق عند مسافة قياسية موحدة .

ولو عدنا الى النجوم المائة الأقرب الى الأرض فسنجد أن اثنين منها فقط يتجاوزان الشمس فى شدة الاضاءةالمطلقة وهما نفس النجمين اللذين يزيدان عليها من حيث الكتلة ، أى الشعرى الشامية والشعرى اليمانية . وتبلغ نسبة الزيادة فى شدة الاضاءة ٨ر٥ : ١ و ٢٣ : ١ تباعا .

والآن هل هذه العلاقة بين كبر الكتلة وزيادة شدة الاضاءة تعنى شيئا ؟ هناك أسباب عديدة لشدة الاضاءة منها التركيبة الكيميائية ودرجة الفوران فى جوف النجم وشدة المجال المغناطيسى ومعدل الدوزان وغيرها . وقد تتضافر هذه الخصائص أو بعضها فى تحديد شدة اضاءة النجم بحيث قد يختلف الأمر من نجم لآخر .

وفى عام ١٩١٦ بدأ آرثر أدينجتون يبحث تلك المسألة ، واستهل دراسته بالنجوم الضخمة . وبما أن متوسط الكثافة فى مثل هذه النجوم ضئيل ، وبالنظر الى ارتفاع درجة الحرارة على أسطحها استنتج أدينجتون انها موجودة كلها على هيئة غازية . ولما كانت الاختبارات المعملية على الأرض قد أسفرت عن ارساء « قوانين الغاز » فقد تفيد هذه القوانين فى فهم ما يمكن أن يحدث لكم من الغاز يعادل كتلة نجم كبير .

وبتطبيق هذه القوانين وجد أدينجتون أن جزيئات الغاز تتعرض لعامل واحد يبعث على تماسكها وهو قوة الجاذبية ، بينما تتعرض لعاملين يبعثان على تنافرها وهما ضغط الغاز والضغط الاشعاعى .

وتتم الآلية على النحو التالى : تدفع جاذبية النجم جزيئات الغاز الى التكاتف مما يرفع ضـغط الغـاز ومن ثم درجـة حرارته • ومن شأن درجة الحرارة ـ وفقا لقوانين الغاز ـ أن تصل فى جـوف النجـم الى ملايين الدرجات • وبارتفاع درجة الحرارة يزداد الكم الاشـعاعى ـ وبالتـالى الضـغط الاشعاعى ـ بمعدل كبير للغاية •

وتوصل أدينجتون فى نهاية المطاف الى علاقة تربط بين الكتلة وشدة الاضاءة • فكلما زادت الكتلة ارتفع ضـغط الغاز والضغط الاشعاعى اللازمان للحفاظ على توازن حجـم النجم • وكلمـا زاد الضغط الاشـعاعى ، كان النجم أكثر بريقا • وذلك يعنى أن شـــدة الاضـاءة ترتهن كلية بكتلة النجم •

وفى عام ١٩٢٤ أعلن أدينجتون القانـون الذى يربط بين الكتلة وشدة الاضاءة ، وعزز هذا القانون ما بدا فى ذلك الحين من أنه ينطبق على النجوم العادية مثل الشمس ، بل وعلى النجوم المتقزمة • ويستنتج من ذلك أن كل النجوم موجودة على هيئة غازية حتى لو كان متوسط الكثافة فيها ـ مثل حالة الشمس ـ يعادل كثافة الماء السـائل على الأرض وحتى لو كانت الكثافة فى جـوف الشمس تزيد كثيرا عـلى ذلك ، حيث تبلغ خمسة أمثال كثافة البلاتين على الأرض •

ولـكن كان معروفا فى زمن أدينجتـون أن كتلة الذرة تتركز فى نواتها ، ذلك الجسيم بالغ الضـآلة الموجـود فى مركزها • ومن ثم كان واضحا أن الذرات تتفتت تحت وطأة الضغوط فى جوف الشـمس وتتحرر النويات وتتحرك فى بحر من الالكترونات المنطلقة عشوائيا •

ومن الوارد أن تقترب النويات من بعضها بدرجة تزيد من الكثافة كثيرا ، غير أن حرية الحركة التى تتسم بها تلك النويات تكفـل مع ذلك احتفاظ هـذه « المـادة المتحللة » بهيئتها الغازية •

بل ان ذلك ينسحب حتى على المتقزمات البيضاء التى تحللت كل مادتها تقريبا · غير أن تلك القاعدة لا تنطبق على النجوم النترونية حيث تكون الكثافة فيها قد بلغت حدا يجعل النجم مجرد جسم صلب ·

وينطبق قانون أدينجتون بصفة خاصة على النجوم فى مرحلة الطور الرئيسى (أى النجوم المستقرة فى مرحلة الاندماج الهيدروجينى ـ مثل الشمس) · ويفيد هذا القانون بأن شدة الاضاءة تتغير بمعدل يساوى ٣٫٥ ضعف معدل تغير الكتلة ، أى لو بلغت كتلة نجم ما ضعف كتلة الشمس فسوف تكون شدة اضاءته حوالى ١٢ مثل شدة اضاءة الشمس · ولو كانت الكتلة ٣ أمثال كتلة الشمس فان شدة الاضاءة ستكون زهاء خمسين مثل شدة اضاءة الشمس · وهلم جرا ·

ونستنتج من ذلك مباشرة أنه كلما زادت شدة الاضاءة ، لابد أن تزيد كمية الهيدروجين المستهلك فى التفاعل الاندماجى من أجل انتاج هذا الكم الاشعاعى ·

وبناء على ذلك ، فلو أن نجما يعادل فى كتلته ٣ أمثال الشمس ، أى أن مخزونه من الوقود يساوى ٣ أمثال مخزون الشمس ، فانه يستهلك هذا الوقود بمعدل يساوى ٥٠ مثل معدل الشمس ، وهذا يعنى أن مخزونه سينفد فى مدة تعادل

$\frac{٣}{٥٠}$ أو $\frac{١}{١٧}$ تقريبا من مدة نفاد مخزون الشمس ·

غير أنه ما أن يستهلك عشر مخزون الهيدروجين حتى يبدأ اندماج الهليوم فى جوف النجم · وعند هذا الحد يتحول النجم من مرحلة الطور الرئيسى ليبدأ مرحلة التمدد فى طريق تحوله الى « عملاق أحمر » · ويتعرض النجم بعد وقت قصير نسبيا من مرحلة العملاق الأحمر الى الانقباض والتحول الى متقزم أبيض أو نجم نترونى أو ثقب أسود بحسب كتلته · ومن شأن نجم بمثل كتلة الشمس أن يبقى فى مرحلة الطور الرئيسى لمدة تناهز عشرة بلايين سنة (أى أن الشمس حاليا

تعد فى منتصف عمرها تقريبا) • اما لو كانت كتلة النجم تعادل ٣ أمثال كتلة الشمس فلن يبقى فى مرحلة الطور الرئيسى الا لمدة تربو قليلا على نصف بليون سنة •

ويعنى ذلك أنه كلما زادت كتلة النجم قل عمره ، والعكس صحيح ، حيث يقدر ـ وفقا لهذا القانون ـ أن تبقى النجوم الصغيرة فى مرحلة الطور الرئيسى لمدد تصل الى ٢٠٠ بليون سنة او يزيد • وفي المقابل ، ليس من شأن نجم تصل كتلته الى ٥٠ مثل كتلة الشمس آن يمكث فى مرحلة الطور الرئيسى لأكثر من عشرة آلاف سنة ، أى مقدار طرفة عين بالمقياس الفلكي •

ويفسر ذلك وجود مثل هذا العدد الضئيل من النجوم التى تتجاوز الشمس فى كتلتها • فالأمر ليس مقصورا على أن الاجسام الكبيرة تتكون بأعداد أقل ، وفقا لقاعدة كثرة الضئيل ، وانما تتعرض هذه الأجسام أيضا لمعدل استهلاك أسرع ، وكلما زادت الكتلة قل عمر النجم فى مرحلة الطور الرئيسى وزاد معدل اقترابه من لحظة الانقباض والتلاشى•

وتتمثل النتيجة الثانية المستمدة من قانون أدينجتون فى أنة كلما زادت كتلة النجم ، اشتدت قوتا الجذب والطرد بما يقلل احتمال حدوث خلل فى التوازن • ولو حدث مثل هذا الخلل فى نجم ضئيل فسوف يؤدى الى زيادة محدودة فى احدى القوتين فيتذبذب النجم قليلا ثم يعود الى توازنه • (وقد تكون للشمس تذبذباتها ، ولكن رغم ما تتسم به من كتلة كبيرة فلم يحدث آن بلغت هذه الذبذبات حدا عصف بالحياة على الارض ـ وان كان يكفى القليل لتحل مثل هذه الكارثة) •

أما لو حدث الخلل فى نجم ثقيل فمن شأنه أن يسفر عن زيادة كبيرة فى القوتين بحيث قد تصل الذبذبة الى حد يؤدى بالنجم الى الانقباض أو إلى الانفجار ، وفى كلتا الحالتين

لن يبقى النجم فى طوره العادى • وقد حدد أدينجتون مقدار الكتلة التى يمكن أن يصل اليها النجم ويبقى مع ذلك فى نطاق قدر معقول من التوازن ، ويعادل هذا المقدار ٥٠ مثل كتلة الشمس وأطلق عليه « حد أدينجتون » •

وفيما يلى قائمة ببعض النجوم البارزة فى القطاع الذى نراه من المجرة ، والتى تزيد فى شدة اضاءتها عن الشعرى اليمانية ، وقد حسبنا بالتقريب كتلة كل نجم منها وفقا لقانون أدينجتون :

اسم النجم		شدة الاضاءة باعتبار شدة اضاءة الشمس = ١	الكتلة
رأس التوءم المؤخر	(Pollux)	٣٠	٢ر٦
النسر الواقع	(Vega)	٤٨	٣ر٠
السنبلة	(Spica)	٥٧٠	٦ر١
الفا كروسى	(Alpha Crucis)	٩١٠	٧ر٠
بيتا قنطورس	(Beta Centauri)	١٣٠٠	٩ر٥
سـهيل	(Canopus)	٥٢٠٠	١١ر٥
ذنب الدجاجة	(Deneb)	٦٣٠٠	١٢ر٢
رجل الجوزاء	(Rigel)	٢٣٠٠٠	١٧ر٥

ولكن ماذا عن النجوم الواقعة على مسافات بعيدة ؟ • • يقع برج « الدورادو » أو « السمكة الذهبية » (Dorado) فى السماء الجنوبية بحيث لا يراه ساكنو أوروبا وشمالى الولايات المتحدة • وتقع فى هذا البرج « السحابة الماجلانية الكبرى » التى تعد أقرب مجرة لدرب اللبانة • وبوسعنا أن نرصد تفاصيل كثيرة فى هذه المجرة ومنها نجم يسطع أكثر من أى واحد من النجوم القريبة فى مجرتنا • ولا يرى هذا النجم بالعين المجردة ، ولكن السحابة الماجلانية الكبرى

تبعد عن الأرض بمقدار ٥٥ الف فرسخ • ولأن يبدو ذلك النجم ـ المعروف باسم « اس • دورادوس » ـ بهذه الدرجة من البريق على هذا البعد الهائل فلابد أن تكون شدة اضاءته تعادل ٤٨٠ الف مثل شدة اضاءة الشمس ، ولابد ان تتجاوز كتلته ٤٠ مثل كتلة الشمس ، وتلك قيمة قريبة من حد أدينجتون •

اذن ، ثمة احتمال لوجود نجوم تناهز كتلتها ٥٠ مثل كتلة الشمس • ولما كانت الشمس في المقابل تزيد في كتلتها على عشرة أمثال الحد الأدنى المتفق عليه • فهذا يعنى أن الشمس تعد في أفضل الأحوال نجما متوسط الحجم •

غير أن الحد الأقصى الذى عينه أدينجتون يتسم بلا شك بدرجة كبيرة من التحفظ • ففى عام ١٩٢٢ ، أى قبل عامين فقط من اعلان أدينجتون قانونه بشأن العلاقة بين الكتلة وشدة الاضاءة ، اكتشف عالم فلك كندى يدعى «جون ستانلى بلاسكيت » (١٨٦٥ ـ ١٩٤١) أن أحد النجوم التى لا تستلفت الانتباه كثيرا هو نجم ثنائى ضخم • وبدراسة ذلك الثنائى اتضح أن كتلة كل من شقيه تتراوح بين ٦٥ و ٧٥ مثل كتلة الشمس وأن كلا منهما يشع ضوءا يعادل ٥ر٣ مليون مثل ما تشعه الشمس •

ولو كان هذا الثنائى ، الذى أطلق عليه « ثنائى بلاسكيت » (بدلا من الاسم الرسمى وهو « ا ش • دى • ٤٧١٢٩ ») ، فى موقع الشمس لتبخرت الأرض فى غضون فترة قصيرة • ولكى يكون مقدار الاشعاع الوارد الينا من مثل هذا النجم مساويا لمقدار ما يصلنا حاليا من الشمس فلابد أن يبتعد مدار الأرض لمسافة تناهز فى المتوسط ٥٥ مثل بعد بلوتو (Pluto) عن الشمس ، أى لمسافة $\frac{1}{10}$ من الفرسخ (ويعد بلوتو من أكثر الكواكب السيارة بعدا عن الشمس) • وحتى مع ذلك ، ما كان لحياة أن تبقى على الأرض حيث ان ما يحتويه هذا الضوء من أشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية

سيتجاوز كثيراً ما يرد من مثل هذه الأشعة فى ضوء الشمس ٠

وقد أدى اكتشاف ثنائى بلاسكيت الى رفع حد أدينجتون ليصل الى ٧٠ مثل كتلة الشمس وقد ورد ذلك الحد فى موسوعة كامبريدج لعلم الفلك « The Cambridge Encyclopedia of Astronomy » الصادرة فى عام ١٩٧٧ وهو كتاب رائع ٠

غير ان السبعينات من هذا القرن شهدت مراجعه مستفيضه لفيزياء النجوم الضخمة فى ضوء المعلومات المستجدة منذ وقت ادينجتون ٠ واتضح ان الدوامات والفوران فى داخل النجوم تلعب دورا أكبر كثيرا مما كان يعتقد ، وذلك يعنى أن النجوم الضخمة تفقد باستمرار كميات كبيرة من كتلتها على هيئة رياح نجمية ، وهى ظاهرة لم تكن معروفة فى وقت أدينجتون ٠

بيد أن تلك الدوامات وما ينجم عنها من فقدان للكتلة لم تخل بصحة قانون أدينجتون (الذى عززته الدراسات المعملية الدقيقة للنجوم) ٠ ولكنها أدت مع ذلك الى رفع حد أدينجتون الى قيمة عالية بدرجة تبعث على الدهشة ٠ وصار واضحا أن استقرار هذه الفئة من « النجوم بالغة الثقل » وعمرها يتجاوزان كثيرا أية تقديرات سابقة ٠

وقد أعلن البعض عن رصد مثل هذه النجوم بالغة الثقل (أو « النجوم السوبر » على نحو ما يروق لى آن أسميها) ، التى تربو فى كتلتها على مائة مثل كتلة الشمس ، غير أن مثل هذه الاكتشافات قوبلت بالتشكك بالنظر الى القيمة الأصلية المنخفضة لحد أدينجتون ٠ ولكن ما أن تم تعديل النظرية بما يجيز فكرة وجود النجوم العملاقة حتى بلغت نسبة النجوم المكتشفة ، التى تزيد كتلتها عن مائة مثل كتلة الشمس ، ٢ فى البليون ٠ وهذا يعنى أن هناك ما يتراوح بين ١٠٠ و ١٥٠ من هذه النجوم العملاقة فى مجرتنا وحدها ٠

وقد تم اكتشاف عدد من النجـوم التى تتسـم بدرجة ضخامة فريدة ، منها النجم « ايتا كاريـنـا » (Eta Carinae) الذى أشرنا اليه في مقالة سابقة بعنوان : « مسـتعد وفى الانتظار » ، ونشرت فى مجلة « الطريق الى اللانهاية » عام ١٩٧٩ ، وذكرت انه على درجة غير عادية من عدم الاستقرار مما يجعلنا نتكهن بأنه سيكون السوبر نوفا القادم · ولم آكن فى ذلك الوقت قد التقطت فكرة النجوم العملاقة (فان الوقوف دائما على كل ما يأتي به العلم من جديد أمر بالغ الصعوبة) · غير أننا نعتقـد الآن أن التميز الذى يتسـم به ايتاكارينا يرجع الى حجمه العملاق أكثر من كونه السوبر نوفا المنتظر ·

وكان معروفا قبل عام ١٩٧٠ أن ايتا كارينا قد يكون مجرد واحد من النجوم العملاقة ، أما الآن فيقدر عـدد من علمـاء الفلك أنه قد يزيد فى كتلته على ٢٠٠ مثـل كتلة الشمس · ويعنى ذلك أن ما يشعه من ضوء قد يتجاوز خمسة ملايين مثل ما تشعه الشمس ، أى ٥ر١٠ مثـــل ما يشـعه « اس · دورادوس » ، وحوالى مجمـوع ما يشـعه « ثنـائى بلاسكيت » ·

وكنت قد اعتبرت فى مقالى سالف الذكر ان ما يفقده ايتا كارينا من كتلة يعد بمثابة علامة عـلى أن النجـم يمر بمرحلة ما قبل السوبر نوفا · ولكن اتضح أن كل النجـوم العملاقة تفقد دائما مقدارا من كتلتها على هيئة رياح نجمية وذلك من شأنه أن يكفل لها قدرا نسـبيا من الاسـتقرار · وكنت قد اعتبرت أيضا فى هـذه المقالة أن احتـواء الرياح النجمية لايتا كارينا على النيتروجين والاكسجين يعد علامة على مرحلة ما قبل النوفا ، ولكن ، بناء على ما تقدم ، فقـد يعنى ذلك مجرد تعرض النجم لفوران داخلى عنيف ، وذلك من شأنه مرة أخرى أن يبقيه فى حالة استقرار ·

وتقدر الكتلة التى يفقدها النجم ايتا كاريـنـا سنويا بمقدار ١/١٠٠٠ من كتلة الشمس ، أى لو استمر تناقص الكتلة

بهذا المعدل لتلاشى هذا النجم تماما فى غضون ٢٠ ألف سنة٠ لكن ذلك لن يحدث بالطبع ، لأنه كلما قلت كتلة ايتا كارينا انخفض مقدار ما يلفظه من رياح نجمية ٠ وقد تكون النجوم العملاقة تفقد من خلال رياحها النجمية الغلاف الغنى بالهيدروجين الى ان يتعرى الجوف المكون أساسا من الهليوم ، وتسمى النجوم فى هذه الحالة « نجوم وولف ــ رايت » نسبة الى عالمى الفلك اللذين اكتشفا ذلك ٠

وثمة نجم ثان فى مجرتنا يعتقد أنه أيضا من النجوم العملاقة وهو « بى سيجنى » (P Cygni) وهو يشبه ايتا كارينا الى حد بعيد ولكنه أقل حجما ، حيث تقدر كتلته بنصف كتلة ايتا كارينا ، أى زهاء مائة مثل كتلة الشمس ٠ وتعادل شدة اضاءته ثلث شدة اضاءة ايتا كارينا ، أو ٥ر١ مليون مثل شدة اضاءة الشمس و ٣ أمثال شدة اضاءة « اس ٠ دورادوس » ٠

وقد نتساءل ما هو أكثر النجوم العملاقة أشعاعا للضوء ؟ وللرد على هذا السؤال ينبغى أن نرجع الى السحابة الماجلانية الكبرى ٠

تحتوى السحابة على سديم من الغاز يشبه سديم الجوزاء الضخم فى مجرتنا وان كان يبدو أكبر منه كثيرا ، حيث يغطى مساحة تقدر ب ٣٠٠٠ فرسخ × ١٠٠٠ فرسخ ، وهو أسطع جسم فى السحابة الماجلانية الكبرى ، لدرجة انه يمكن رؤيته بالعين المجردة ٠ وهو يزيد فى ضخامته على أى سديم فى مجرتنا ، بل وعلى أى سديم فى آية مجرة قريبة بقدر يتيح رؤية تفاصيلها ٠ ويسمى هذا السديم ب«سديم العنكبوت» (Tarantula nebula) حيث انه يبدو فى نظر البعض على هيئة عنكبوت ٠

ويشتمل ذلك السديم فيما يبدو على عدد من نجوم وولف ــ رايت التى قد يرجع أصلها الى مجموعة من النجوم العملاقة ٠ وقد يكون السديم نفسه ناتجا ، فى جزء منه على

الأقل ، عن الطبقات الخارجية الملفوظة من هذه النجوم العملاقة .

ويعتقد بعض الناس أن كل الضوء المنبعث من سديم العنكبوت انما هو صادر من منطقة مركزية لا يتجاوز قطرها ١/١٠ فرسخ وقد تحتوى على عدد من النجوم . غير أن مجموعة من علماء الفلك أعلنت في عام ١٩٨١ عن يقينها بأن هذا الموقع يحتوى على نجم عملاق واحد يعد أسطع النجوم المكتشفة حتى الآن على مدى التاريخ . ويسمى هذا النجم العملاق « آر ١٣٦ أ » (R 136 a) .

وتقدر كتلة ذلك النجم بألفى مثل كتلة الشمس وشدة اضاءته بستين مليون مثل شدة اضاءة الشمس ، أى أنه يشع من الضوء ما يعادل ٤٠ مثل ما يشعه « ايتا كارينا » . وتقدر درجة الحرارة على سطحه بحوالى ٦٠ ألف درجة كلفن .

ويعنى كل ذلك أننا اكتشفنا وجود فئة فريدة من النجوم لم نكن نحلم بها ، وكنا نعدها منذ ١٥ عاما فقط أمرا مستحيلا . ويمكننا الآن دراسة مثل هذه النجوم بالتفصيل وأن نستنتج الكثير من علم الفيزياء الفلكية الذى قد يساعدنا فيما بعد على فهم المزيد من أسرار النجوم العادية .

[ملحوظة : لم تكد تمضى بضعة أسابيع على ظهور هذه المقالة لأول مرة حتى ظهرت دراسات فلكية جديدة تقلل بشدة من احتمال وجود النجوم العملاقة ، لا سيما فى سديم العنكبوت . شىء مؤسف للغاية !] .

الفصل السابع عشر

العلم وآفاق المستقبل

تلقيت منذ بضعة أيام اخطارا من مصلحة الضرائب . وتتصف مثل هذه الاخطارات دائما بسمتين لصيقتين : فهى أولا تبعث الرعب فى نفوس العملاء (حيث يتساءل المرء ماذا هم يريدون ؟ وما الخطأ الذى ارتكبته ؟) ثم انهـا تكـون دائما مكتوبة بخط لا يقرأ ويستحيل أن يفهم المرء ما هـو مطلوب .

وقد فهمت بعد قراءة الاخطار عشرات المرات أن الأمر يتعلق بخطأ فى قيمة الضريبة عن عام ١٩٧٩ وأننى سـددت المبلغ منقوصا بمقدار ٣٠٠ دولار ، ولذا فأنا مطالب بسداد هـذا المبلغ علاوة عـلى ١٢٢ دولارا قيمة الفـوائد ، أى ما مجموعه ٤٢٢ دولارا ، ويحمل الأخطار بعـد ذلك كلاما كثيرا حاولت أن أحل طلاسمه فبدا لى أنهم يتوعدوننى بالويل والثبور لمدة عشرين عاما اذا لم أسدد المبلغ المطلوب فى خلال خمس دقائق .

فاتصـلت بالمحاسب الذى يتولى شئونى المالية ، وتلقى مكالمتى كالمعتاد ببرود شديد وقال لى : « أرسل لى الاخطار لأرى ما به » .

فقلت وقد تملكنى الغيظ : « أعتقد انه من الأفضل أن أدفع أولا » .

فأجاب بنفس البرود : « كما تشاء ، ما دمت قادرا على ذلك » .

فحررت شيكا بالمبلغ ووضعته فى مظـروف وأرسـلته بالبريد العاجل لأنقذ نفسى من الوعيد ، ثم ذهبت الى المحاسب الذى تناول عدسته الخاصة ليدرس تلك الكتابة المنمنمة ، ثم رفع رأسه أخيرا وقال لى : « انهم مدينون لك ببعض المال » ٠

فقلت : « لماذا اذن يحملوننى قيمة الفوائد ؟ » ٠

قال : « وهذه الفوائد أيضا هم مدينون لك بها » ٠

قلت : « ولماذا يتوعدوننى ان لم أدفع » ٠

فقال : « انت تعرف ان جباية الضرائب عمل بغيض ، فلا تلومهم ان هم حاولوا بث شىء من الفكاهة غير الضـارة فيه » ٠

فقلت : « ولكننى دفعت ! » ٠

قال : « لا تشغل بالك ٠٠ سـوف أرسـل خطابا أشرح لهم فيه أنهم روعوا مواطنا شريفا ، وسوف يردون لك ٨٤٤ دولارا قيمة المبلغ المدينون لك به فضلا عما أرسلته لهم دون داع) ٠ ثم أردف قائلا : « لكن لا داعى لأن تحبس أنفاسك انتظارا للرد » ٠

فقلت له : « ان من يتعامل مع النـاشرين معتـاد عـلى ألا يحبس أنفاسه مطلقا انتظارا للسـداد » (والواقع ان مصلحة الضرائب أعادت الى الشـيك فى غضـون عشرة أيام قائلين انه ليس من حقهم) ٠

والآن وبعد أن استعدت ثقتى فى نفسى كشخص بعيـد النظر نافذ البصيرة ، فلنعمل هذه البصيرة فى مرمى البصر ٠

★★★

لو اخترقنا حاجز الزمن وحلقنا فى آفاق المستقبل ، الى أبعد ما يمكن أن نتصور ، فماذا نتوقع أن يحدث للأرض ؟

وقد نفترض فى بداية مرحلة الخيال أن الأرض موجودة وحدها فى الكون ولكن بنفس عمرها ونفس تكوينها وبنيتها .

ومادامت الأرض وحدها فى الكون فبديهى أنه لن تكون هناك شمس تضىء وتبعث الحرارة وبالتالى سيكون سطحها مظلما ودرجة حرارتها تقترب من الصفر ، ومن ثم لن تكون هناك حياة .

ومع ذلك سيكون جوفها ساخنا بسبب الطاقة الحركية الناجمة عن الجسيمات الضئيلة التى اندمجت لتكون الأرض منذ ٤ر٦ بليون سنة . وسوف تتسرب الحرارة بمعدل بطىء للخارج من خلال طبقات الصخور العازلة المكونة لقشرة الأرض ، غير أن تلك الحرارة المفقودة ستتجدد باستمرار نتيجة انشطار المواد المشعة الموجودة فى الأرض ، مثل اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥ والثوريوم ٢٣٢ والبوتاسيوم ٤٠ وهلم جرا . (ويعد اليورانيوم ٢٣٨ أهم هذه العناصر فى هذا المجال حيث انه يوفر ٩٠٪ من مجموع الحرارة التى تولدها هذه العناصر) .

وبهذه المواصفات ــ أى سطح بارد وجوف ساخن ــ نتوقع أن تعيش الأرض طويلا . غير أن اليورانيوم ٢٣٨ يتناقص بمعدل بطىء ، ويقال علميا ان نصف عمره يبلغ ٥ر٤ بليون سنة . ولما كان عمر الأرض حاليا ٦ر٤ بليون سنة ، فهذا يعنى ان نصف المخزون الأصلى قد انتهى بالفعل ، وان نصف المقدار المتبقى سوف ينتهى خلال الـ ٥ر٤ بليون سنة القادمة لتبدأ دورة جديدة وهلم جرا . ولن يبقى بعد ٣٠ بليون سنة من الآن سوى ١٪ من الكمية الموجودة حاليا من اليورانيوم ٢٣٨ .

ونتوقع إذن فى هذه الحالة ان الحرارة الجوفية للأرض ستتسرب بمعدل متباطىء مع تضاؤل كمية المواد المشعة

وستظل درجة الحــرارة تنخفض بمعــدل أبطأ وأبطأ لزمن لا نهائى وستقترب من الصفر ولكنها لن تبلغه مطلقا ٠

ولكن الأرض ليست موجودة وحــدها ، ولو نظرنا فى مجموعتنا الشمسية وحدها فسنجد عددا لا يحصى من الأجسام التى تتراوح فى حجمها من المشترى الضخم الى جسيمات الغبار الضئيلة ، بل الى ما هو دون ذلك من ذرات منفردة وحتى من الجسيمات دون الذرية ٠ وقد تكون هناك توليفات مماثلة من مثل تلك الأجسام غير المضيئة تدور حول نجوم أخرى ، ناهيك عن تلك الأجسام التى تجوب الفراغ الفضائى فيما بين النجوم فى مجرتنا ٠ وقد نفترض ، فى مرحلة ثانية من التفكير ، ان المجرة كلها مقصورة على مثل هذه الأجسام غــير المضيئة ، فماذا سيكون مصيرها ؟

لا شك أنه كلما كان الجسم اكبر حجما ٠ كانت درجة حرارته الداخلية أعلى ، وكان مقدار الحرارة الكامنــة فى جوفه نتيجة عملية التكون أكبر ، ومن ثم فهو يحتــاج وقتا أطول ليبرد ٠ وفى تقديرى ان جسما كالمشترى ، الذى يزيد فى كتلته على ٣٠٠ مثل كتلة الأرض ، سيحتاج على الأقل الى ألف مثل الزمن الذى تحتاجه الأرض ليبرد مثلها ــ أى حوالى ٣٠ ألف بليون سنة ٠

ولا شك أن هذا الزمن الطويل الممتد ســيشهد أحداثا قد تؤدى الى الاخلال بعملية التبريد ، ومنها احتمال وقوع تصادمات بين الأجسام ٠ صحيح ان مثل هذه التصادمات لن تكون شائعة فى الزمن الذى نتحدث عنه ، ولكن عــلى مدى ٣٠ ألف بليون سنة لا شك أنه سيقع العديد والعديد منها ٠ وقد تؤدى بعض هذه التصادمات الى التفتت الى أجسام أقل حجما ، ولكن اذا اصطدم جسم ضئيل بآخر أكبر حجما بكثير فمن شأنه أن يلتصق به ويبقى معه ٠ ومن هــذا المنطلق ، تتعرض الأرض يوميــا لأن تصــطدم بها تريليــونات من

الجسيمات الضئيلة ، ونتيجة لذلك تزداد كتلتها بمعدل بطيء ولكنه منتظم ٠

وبتعميم تلك الظاهرة نجد أن الأجسام الضخمة تنمو ، نتيجة هذه التصادمات ، على حساب الأجسام الضئيلة ، بحيث يقل مع مرور الزمن عدد الأجسام الضئيلة بينما تزداد الاجسام الضخمة ضخامة ٠

ويصاحب أية زيادة فى كتلة الأجسام الكبيرة نتيجة التصادم ، ارتفاع فى الطاقة الحركية ٠ وتتحول هذه الطاقة المضافة الى حرارة ، مما يؤدى الى انخفاض معدل التبريد فى الأجسام الكبيرة ، بل قد تعود درجة الحرارة الى الارتفاع بدلا من الانخفاض لو زاد معدل اصطدام الأجسام الضئيلة بتلك الضخمة ٠ أما لو زادت كتلة الجسم على عشرة أمثال كتلة المشترى على الأقل ، فمن الوارد أن يؤدى ارتفاع الحرارة فضلا عن زيادة الضغوط الجوفية نتيجة تزايد الكتلة ، الى اندلاع تفاعلات نووية فى جوف ذلك الجسم ؛ أى انه سيتعرض « لاشتمال نووى » ومن ثم سيزداد ارتفاع حرارته بما قد يؤدى في نهاية المطاف الى تسخين السطح لدرجة قد تجعله يشع ضوءا خافتا ٠ أى أن الكوكب سيتحول الى نجم خافت ٠

قد يصل الحال اذن بمجرتنا ، التى افترضنا أنها مكونة من أجسام غير مضيئة باختلاف أحجامها ، الى تكون بعض البقع التى تشع ضوءا خافتا ٠ ولكن لا جدوى من كل ذلك ، فالمجرة عندما تكونت فى واقع الأمر ، تكثفت على هيئة أجسام ضخمة بدرجة أتاحت حدوث الاشتعال النووى من البداية ٠ وهى تحتوى على حوالى ٣٠٠ بليون نجم ، يسطع كثير منها بدرجة متوسطة بينما يشع قليل منها قدرا من الضوء يتجاوز آلاف مثل ما تشعه الشمس ٠

ولعلنا نتساءل الآن ماذا سيكون من أمر النجوم ، حيث أن مصيرها سيتجاوز أى شىء ممكن أن يحدث للأجسام الصغيرة غير المضيئة التى تدور معظمها حول النجوم ٠

واذا كان من شأن الأجسام غير المضيئة أن تبقى لزمن غير محدود دون التعرض لتغيرات كبيرة (الا فيما يتعلق بعملية التبريد واحتمالات التصادم) نظرا لما تتسم به بنيتها الذرية من قدرة على مقاومة قوة الجذب الداخلى ، فان الأمر يختلف بالنسبة للنجوم ٠

فبما أن النجوم تزيد كثيرا فى كتلتها على الكواكب فهى تتسم بمجالات جاذبية اقوى بكثير وبالتالى تتعرض بنيتها الذرية للضغوط تحت تأثير هذه المجالات٠ ولو كانت الجاذبية هي القوة الوحيدة المؤثرة في النجم فى مرحلة تكونه لانقبض وهو فى مهده وأصبح فى حجم الكواكب ٠ غير أن درجات الحرارة والضغوط البالغة المتولدة في جوف مثل هذه الأجسام الضخمة تسفر عن اندلاع اشتعال نووى ، مما يولد قدرا من الحرارة يكفي للابقاء على حجم النجوم المتمدد رغم قوة الجاذبية الهائلة ٠

غير أن عملية الاندماج النووى التى تولد هذه الحرارة تحول الهيدروجين الى هليوم ثم الى ذرات أكثر تعقيدا ٠ ولما كان كل نجم يحتوى على كمية محددة من الهيدروجين فعاجلا أو آجلا سيتناقص هذا الوقود النووى ، ومن ثم سيقل معدل توليد الحرارة اللازمة لمقاومة قوة الجذب الداخلى وللابقاء بالتالى على النجم متمددا ٠

وفى حالة النجوم التى لا تزيد فى كتلتها عن الشمس، فانها تتعرض بعد استهلاك قدر كاف من وقودها للانقباض تحت تأثير جاذبيتها وتتحول الى « متقزمات بيضاء » بحجم الأرض أو أقل (مع الاحتفاظ بكل كتلتها تقريبا) ٠ وتتكون المتقزمات البيضاء من حطام الذرات ٠ غير أن الالكترونات

تواصل تحركها بحرية حيث تقاوم الضغط بفضـل تنافرها نتيجة تماثل شحناتها الكهربية • وبناء على ذلك ، فمن شأن المتقزمات البيضاء أن تبقى على حالها لأجل غير محدود ما لم تتعرض لأية ظروف خارجية •

وفى حالة النجوم التى تتجاوز الشمس فى كتلتها ، فهى تتعرض لتغيرات أعنف ، وكلما زادت كتلتهـا اشـتد عنف الأحداث • فلو زادت الكتلة عن قيمـة معينـة فان النجـم يتعرض لانفجار مروع يطلق عليه « سـوبرنوفا » • ومن شأن مثل هذا الانفجار أن يشـع فى فترة وجيزة قدرا من الطاقة يعادل مائة بليون مثل ما تشـعه النجـوم العادية • ويبلغ من شدة الانفجار أنه يعصف بجزء من كتلة النجم الى الفضاء • أما الجزء المتبقى فانه ينقبض ويتحول الى « نجم نترونى » • ولكى يتكون النجم النترونى لابد أن تكـون قوة الانقباض شديدة لدرجة تتجاوز قوى تنافر الالكترونات وتدفع هذه الجسيمات الى الاتحـاد مع النـوايا فتتعـادل الشحنات الكهربية وتتكون النترونات المتلاصقة •

وتتسم النترونات بأنهـا متناهيـة الضآلة لدرجة أن الشمس لو تحولت بأكملها الى نترونات لتقلص حجمها الى كرة لا يزيد قطرها على ١٤ كم • ومن شـأن النترونات أن تقاوم الانشطار ، وهذا يعنى أن النجوم النترونية سـتبقى على حالها الى أجل غير محدود لو لم تتعرض لظروف خارجية •

أما النجـوم ذات الكتلة الفـريدة فى ضـخامتها فانها ستتعرض لانقباض يبلغ من شدته أن يتجاوز مرحلة النجوم النترونية ، حيث تتجه الكثافة الى مالا نهاية ويتجه الحجم الى التلاشى تماما ليتكون ما يسمى ب « الثقوب السوداء » •

ويختلف الزمن الذى يستغرقه النجم فى استهلاك وقوده الى أن ينقبض ــ وفقا لكتلة النجم • فكلما كانت الكتلة أكبر كان معدل استهلاك الوقود أسرع • ومن شأن النجوم العملاقة أن تبقى بحجمها المتمدد لمدة مليون سنة فقط أو أقل ، قبل

أن تنقبض • أما النجوم التى تماثل الشمس فى كتلتها فهى تستمر فى هيئتها المتضخمة لمدة تتراوح بين ١٠ و ١٢ بليون سنة قبل الانقباض ، بينما قد يمتد هذا العمر الى ٢٠٠ بليون سنة بالنسبة للمتقزمات الحمراء الضئيلة قبل أن تبلغ النهاية المحتومة •

ولقد تكونت معظم النجوم فى مجرتنا مبكرا بعد الانفجار العظيم (Big Bang) الذى وقع منذ ١٥ بليون سنة ، غير أن الكون شهد بشكل منتظم منذ ذلك الحين نشاة نجوم جديدة (ومن بينها الشمس) ، ومازالت هناك نجوم فى طور التكوين وسيستمر الوضع لبلايين السنين فى المستقبل• لكن عدد النجوم الجديدة التى ستتكون من سحب الغبار سيكون محدودا ، اذ لم تعد تلك السحب تشكل سوى ١٠٪ من اجمالى كتلة المجرة ، أى أن ٩٠٪ من النجوم قد تكونت بالفعل •

وسوف تمر النجوم الجديدة بنفس الأطوار ، وسوف تنقبض ذات يوم • ورغم ما تلفظه النجوم السوبر نوفا العارضة من غبار فى الفراغ الفضائى فسوف يأتى مع ذلك اليوم الذى لا تتكون فيه نجوم جديدة • وسوف تتجمع كتلة المجرة كلها فى النجوم المنقبضة على هيئة متقزمات بيضاء أو نجوم نترونية أو ثقوب سوداء • وسوف تكون هناك بعض الأجسام غير المضيئة من الكواكب وما دون الكواكب منتشرة هنا وهناك •

وتتسم الثقوب السوداء بأنها غير مضيئة كالكواكب ، أما المتقزمات البيضاء والنجوم النترونية فهى تصدر اشعاعات من بينها ما يتسم بأطوال موجات الضوء المرئى • وقد تزيد كثافة هذه الاشعاعات بالنسبة لوحدة المساحة عما ينبعث من النجوم العادية ، ولكن بالنظر الى ضآلة أسطح المتقزمات البيضاء والنجوم النترونية بالمقارنة مع النجوم العادية فان اجمالى ما تشعه من ضوء لا يشكل قدرا ملموسا ،

وهذا يعنى أن المجرة ستكون شبه مظلمة . وبعد حوالى مائة بليون سنة (أى ستة أو سبعة أمثال عمر الكون) لن يكــون هنــاك سوى بعض الــوميض الضعيف الذى يبــدد نوعا ما البرودة والظلام المخيمين على كل مكان في المجرة .

وحتى هذا الوميض سيتضاءل بمرور الوقت ويتلاشى ، وسيضعف ضوء المتقزمات البيضــاء وتتحول تدريجيــا الى متقزمات معتمة ،كما أن النجوم النترونية ســتفقد شــيئا فشيئا سرعة دورانها وبالتالى ستضعف نبضاتها الاشعاعية .

غير أن هذه الأجسام لن تبقى بدون تأثيرات خارجية ، فسوف تظل النجوم المنقبضة التى سيصل عددها الى ٢٠٠ أو ٣٠٠ بليون ، تشكل المجرة الحلزونية وستستمر فى الدوران المهيب حول مركزها .

ولابد مع مرور بلايين السنين أن تقع تصادمات ، فمن الوارد أن يصطدم بالنجوم المنقبضة ، جسيمات من الغبــار أو الحصى . وقد تصــادف بعض الكتــل الــكبيرة ، بل قد تصطدم مع نجوم منقبضة أخرى (مما يسفر عن تولد كمية من الاشعاعات تعد كبيرة فى تقديرنا ، ولكنهــا لا تشــكل شيئا يذكر فى مواجهة الظلام المخيم على المجرة) . وهــذا يعنى بصفة عامة أن تلك التصادمات ستجعل الأجسام الأكثر كتلة تزداد ضخامة على حساب الأجسام الأصغر حجما .

وقد يكتسب المتقزم الأبيض قدرا اضافيا من الكتلة بما يجعل كتلته تتجاوز حدا معينا فينفجر مرة أخرى بشكل فجائى ويتقلص الى نجــم نترونى . كذلك قد يصــل الأمر بنجم نترونى الى التحول بنفس الطريقة الى ثقب اسود . أما الثقوب السوداء فلن تتعرض لمزيد من الانقباض ولكنها ستزداد كتلة .

وربما وصل الأمر بالمجرة بعد بليون بليون سنة (10^{18} سنة) الى أن تصبح كلها مكونة من ثقوب سوداء مختلفة الأحجام ، فضلا عن عدد قليل متناثر من الأجسام التى تتراوح فى حجمها بين النجوم النترونية وذرات الغبار ولا تشكل نسبة تذكر من اجمالى المجرة •

وعلى الأرجح سيكون أضخم ثقب أسود هو ذلك الذى تكون أصلا فى مركز المجرة حيث يتركز دائما أكبر قدر من الكتلة • ولا شك أن علماء الفلك يعتقدون أن هناك بالفعل ثقبا أسود ضخما فى مركز المجرة ويقدرون كتلته بنحو مليون مثل كتلة الشمس وهو ماض فى نموه بشكل منتظم •

ومن المتوقع فى هذا المستقبل البعيد أن تدور الثقوب السوداء المكونة للمجرة حول هذا الثقب الأسود المركزى فى مدارات تختلف فى أقطارها واستدارتها ، وبالتالى من الوارد بين الحين والحين أن يقترب ثقبان أسودان من بعضهما لدرجة تتيح انتقال قدر من كمية التحرك الزاوى بحيث يكتسب واحد منهما قدرا من الطاقة فيبتعد عن مركز المجرة ، بينما يفقد الآخر كمية من الطاقة فيقترب ليبتلعه الثقب الاسود المركزى •

وشيئا فشيئا سيبتلع الثقب الاسود المركزى كل الثقوب الأسود المجرى • يفيد أحد التقديرات بأنه سيعادل فى بليون بليون بليون سنة (10^{27} سنة) على «ثقب أسود مجرى» يحيط به عدد متناثر من الثقوب السوداء الأقل حجما، والتى تبعد بقدر كاف يكفل لها الافلات بشكل ما من تأثير الجاذبية المركزية •

وقد يتساءل المرء عن الحجم المتوقع لمثل هذا الثقب الأسود المجرى • ويفيد أحد التقديرات بأنه سيعادل فى كتلته بليون مثل كتلة الشمس ، أى سيشكل زهاء ١٪ من

اجمالى كتلة المجرة • أما الـ ٩٩٪ المتبقية فستكون موزعة كلها تقريبا على الثقوب السوداء الأقل حجما •

ولكنى لا أشعر بارتيـاح ازاء هـذا التقدير ، وليس بوسعى أن أقدم أى دليل ولكن لدى احساسا داخليا بأن الثقب الاسود المجرى لابد أن يزيد كثيرا على تلك النسبة ، لابد أن يصل مثلا الى مائة بليون مثل كتلة الشمس ، أى الى نصـف كتلة المجرة ، أما النصف الآخر فتشترك فيه سائر الثقـوب السوداء المعزولة •

غير أن مجرتنا ليست معزولة ، فهى طرف فى مجمـوعة مكونة من نحو ٢٤ مجرة يطلق عليها اسم «المجموعة المحلية» • وتتسم معظم مجرات المجموعة المحلية بأنها تقـل كثيرا فى حجمها عن مجرتنا ، ولكن هناك واحدة على الأقل أكبر من مجرتنا وهى مجرة أندروميدا •

ولا شك أن المجرات الأخرى ستتعرض لنفس الأطوار التى مرت بها مجرتنا بحيث ان المجموعة المحلية ستكون بعد $١٠^{٢٧}$ سنة مكونة من حوالى ٢٤ ثقبا أسود مجريا أكبرها أندروميدا ويليه درب اللبانة •

وسوف تدور كل هذه الثقوب السـوداء المجـرية حول مركز ثقل المجموعة المحلية ، وسوف يتـكرر فى المجمـوعة المحلية ما سيحدث فى المجرات ولكن على نطاق أكبر ، بحيث يتكون فى النهاية « ثقب أسود سوبر مجرى » قد تصل كتلته (فى تقديرى) الى ٥٠٠ بليون مثل كتلة الشمس ، أى ضعف كتلة مجرتنا ، علاوة على عدد من الثقوب السوداء المجـرية الضئيلة نسبيا والتى تدور فى مدارات بالغة الابعاد حـول الثقب السوبر مجرى ، والكل يتحرك بجلال فى الفضاء • هذا ما سيكون عليه الحال بعد $١٠^{٢٧}$ سنة •

ومرة أخرى ليست المجموعة المحلية هى الأخرى وحدها فى الكون ، فهناك مجموعات أخـرى قد يصـل عددها الى

بليون، وبعضها على درجة من الضخامة بحيث يحتوى على ألف مجرة أو يزيد .

وبما أن الكون مستمر فى تمدده ، فان مجموعات المجرات تبتعد عن بعضها بسرعات كبيرة . وبمضى ١٠^٢٧ سنة سيصبح الكون مؤلفا من ثقوب سوداء سوبر مجرية تبتعد عن بعضها بسرعات أكبر من أن تجعلها تتعرض لاحتمال التداخل فيما بينها .

أما الثقوب السوداء الأقل حجما والتى أفلتت من المجموعات المختلفة . فسوف تستمر محلقة فى الفراغ الفضائى فيما بين المجموعات ، ومن غير الوارد أن تصادف ثقوبا سوداء عملاقة فى هذا الفضاء المتمدد الفسيح الذى تتحرك فيه .

نخلص من ذلك الى أن الكون بعد ١٠^٢٧ سنة لن يتعرض لتغيرات تذكر باستثناء التمدد (على أساس الافتراض الذى يميل اليه معظم علماء الفلك بأن « الكون مفتوح ») .

ولو كانت تلك هى نهاية المطاف، فلا شك أننا على خطأ .

كنا نتحدث حتى الآن عن الثقوب السوداء باعتبارها نهاية المطاف — فكل شىء داخل فيها ولا شىء يخرج منها . ولكن يبدو أن الأمر غير ذلك .

فقد أثبت الفيزيائى الانجليزى ستيفن وليم هوكينج (١٩٤٢ —) ، باستخدام نظريات الميكانيكا الكمية ، أن الثقوب السوداء يمكن أن تتبخر ، فكل ثقب أسود لديه مكافىء للحرارة ، وكلما قلت الكتلة ارتفعت الحرارة وزاد معدل التبخر .

والواقع أن معدل التبخر يتناسب عكسيا مع مكعب الكتلة أى لو أن ثقبا أسود (أ) كان ذا كتلة تعادل عشرة أمثال كتلة ثقب أسود آخر (ب) فان (أ) سيتبخر على مدى زمن

يزيد على ألف مثل الوقت اللازم لتبخر (ب) • وكلما تبخر الثقب الأسود قل وزنه فيزداد بالتالى معدل التبخر الى أن يصل الى قدر من الضآلة بحيث يتبخر الجزء المتبقى بشكل انفجارى •

ولما كانت درجة حرارة الثقوب السوداء العملاقة فى حدود واحد على بليون بليون درجة فوق الصفر المطلق ، فان معدل التبخر بها بطىء لدرجة متناهية بحيث انه حتى بعد 10^{27} سنة لن يكون قد تبخر سوى أقل القليل منها •

ومع ذلك ، فبمرور البلايين تلو البلايين من السنين ستتقلص شيئا فشيئا الثقوب السوداء ببطء شديد فى البداية ، وكلما قل الحجم ازداد معدل التقلص حتى يصل حجم الثقب الى الحد الذى ينفجر عنده • ويقدر للثقوب السوداء العملاقة أن تنفجر بعد مدة قد تصل الى 10^{100} سنة أو حتى 10^{110} سنة •

ومن شأن الثقوب السوداء أن تنتج بتبخرها اشعاعات كهرومغناطيسية (فوتونات) وأزواجا من النيوترينات والنيوترينات المضادة التى ليس لها أية كتلة ولكن لها قدرا من الطاقة (وما الطاقة فى الواقع الا صورة من الكتلة المتناثرة بكثافة متناهية الضآلة) •

وحتى لو بقيت بعض الجسيمات في الفضاء فلن تكون بالضرورة مستديمة •

وتتركز كتلة الكون كلها تقريبا فى البروتونات والنترونات • وكان يعتقد حتى وقت قريب أن البروتونات (التى تشكل زهاء ٩٥٪ من كتلة الكون حاليا) تتسم باستقرار تام اذا لم تتعرض لتأثير عوامل خارجية •

غير أن النظريات الحديثة أثبتت غير ذلك ، حيث يبدو أن البروتونات تتحلل ببطء متناه الى بوزيترونات وفوتونات

ونيوترينات • ويصل نصف عمـر البروتونات الى رقم من قبيل $١٠^{٣١}$ سنة وهي مدة ضخمة ، ولكنهـا ليست ضخمة بالقدر الكافى ، فحتى يحين الوقت الذى ستكون فيـه كل الثقـوب السـوداء قد تبخرت ، سـيكون زهاء ٩٠٪ من البروتونات الموجودة فى الكون قد آن لها قبل ذلك بكثير أن تتحلل • وبمرور $١٠^{٣٢}$ سنة سـيكون أكثر من ٩٩٪ من البروتونات قد تحللت وربما تكون الثقـوب السـوداء قد تلاشت بسبب التحلل البروتونى •

ولما كانت النترونات موجودة على هيئة مستقرة مادامت متحدة مع البروتونات، فهى تتحرر عندما تتحلل البروتونات• وما تلبث النترونات أن تتحلل هى الأخـرى الى الكترونات وبروتونات • ثم تتحلل بدورها البروتونات الى بوزيترونات وجسيمات لا كتلة لها •

ولن يبقى فى الكون سوى الالكترونات والبوزيترونات بكميات وفيرة ولكنها مع الوقت ستصطدم ببعضها فتتـلاشى الشحنات الكهروبية وتتحول الى سيل من الفوتونات •

ويمرور زمن الـ $١٠^{١٠٠}$ سـنة ستكون كل الثقـوب السوداء قد تلاشت بطريقة أو بأخرى ، وسـيبقى الـكون عبـارة عن كـرة ضـخمة من الفـوتونات والنيوترينـات والنيوترينات المضادة ، وكل ذلك يتمدد للخارج بلا نهاية • وكلما تمدد الكون قلت الكثافة حتى يقترب من درجة العدم•

وتفيـد احـدى النظريات بأن ما يسـمى بـ « الكون المتضـخم » قد بدأ من فراغ تام ، أى من العـدم فلا مادة ولا اشعاعات • وتقول نظرية الكم ان مثل هـذا الفراغ من شأنه أن ينتج قدرا متساويا أو شبه متساو من المادة والمادة المضـادة لو تعرض لذبذبة عشـوائية • ويقتضى الوضـع الطبيعى بصفة عامة أن تلاشى المادة والمادة المضادة بعضهما فور تكونهما • ولكن قد يحدث مع الوقت أن يتعرض الفراغ

لذبذبة تسفر عن انتاج كمية ضخمة من المادة والمادة المضادة بقدر كاف من عدم التوازن بحيث ينشأ كون جديد من المادة في بحر من الاشعاعات . ومن شأن مثل هذا الكون أن يتمدد بسرعة تكفى للحيلولة دون التلاشى وبالتالى يتضخم بقـــدر يتيح تكون المجرات .

أليس من الوارد اذن أن يأتى يوم ، بعد ١٠ ٥٠٠ عام مثلا يصل فيه كوننا الى درجة من العدم بما يتيح امكان حـدوث مثل هذه الذبذبة على نطاق واسع ؟!

أليس من الوارد آن ينشأ وسط رماد عالم ضارب فى القدم كون جديد يبدأ من الصفر ويعيد المغامرة الطويلة ؟! واذا كانت هذه وجهة نظر صحيحة (وهى وجهة نظر شخصية بحتة ولم يطرحهـا أى عالم فلك معروف) فذلك يعنى أن هذا الكون المتمدد بلا نهاية قد لا يكـون بالضرورة كـونا واحدا . فقد يكون هناك خارج نطاق كوننا المتمدد رماد أخف لكون أقدم يغلف كوننا ، وخارج نطاق هذا الأخير كون آخر أقدم وأقدم يغلف الاثنين وهلم جرا .

ولكن ماذا لو كنا نعيش فى « كون مغلق » ، كون يتسم بدرجة كثافة للمادة تكفى لتوفير ذلك القدر من الجاذبيـة الذى يكفل ذات يوم وقف التمدد وبداية تقلص الكون ككل ؟

تقول النظريات الفلكية بصفة عامة ان كثافة المادة فى الكون لا تزيد عـلى ١٪ من الحـد الأدنى اللازم لأن يكـون مغلقا . ولكن ماذا لو كان علماء الفلك على خطأ ؟ ماذا لو كان اجمالى كثافة المادة فى الكون يعادل ضعف الحد الفاصل؟

فى هذه الحالة سيستمر الكون يتمدد حتى يصل عمره الى ٦٠ بليون سنة حيث سيصل آنذاك معدل التمدد المتباطىء الى الصفر ، وسيكون قطر الكون وقتها حوالى ٤٠ بليون سنة ضوئية .

ثم يبدأ الكون بعد ذلك مرحلة التقلص بمعدل بطيء ولكنه يزداد سرعة مع الوقت وبعد ٦٠ بليون سنة أخرى سيتعرض لعملية سحق رهيبة وينتهي به المآل الى التلاشى والتحول الى العدم من حيث بدأ ٠

ثم يتكون بعد فترة وجيزة كون آخر من العدم ويتمدد ثم ينقبض وتتكرر الدورة مرات ومرات بلا نهاية ، أو قد تكون الأكوان تتكون تباعا بعضها مفتوح والبعض الآخر مغلق بترتيب عشوائى ٠

وسواء هذا أو ذاك فالأمر واحد ، ولو امتدت بصيرتنا بالقدر الكافى فسوف نرى كونا يأتى بعد كون بلا نهاية الى أبد الآبدين ــ الى أبعد ما يمكن أن تصل اليه البصيرة ٠

اقرأ فى هذه السلسلة

احلام الاعلام وقصص اخرى	برتراند رسل
الالكترونيات والحياة الحديثة	ى . رادونسكايا
نقطة مقابل نقطة	الدس هكسلى
الجغرافيا فى مائة عام	ت . و . فريمان
الثقافة والمجتمع	رايمونت وليامز
تاريخ العلم والتكنولوجيا (٢ جـ)	ر . ج . فوربس
الارض الغامضة	ليستردبل راى
الرواية الانجليزية	والتر الن
المرشد الى فن المسرح	لويس فارجاس
آلهة مصر	فرانسوا دوماس
الانسان المصرى على الشاشة	د . قدرى حفنى وآخرون
القاهرة مدينة الف ليلة وليلة	أولج فولكف
الهوية القومية فى السينما العربية	هاشم النحاس
مجموعات النقود	ديفيد وليام ماكدوال
الموسيقى ـ تعبير نفسى ـ ومنطق	عزيز الشوان
عصر الرواية ـ مقال فى النوع الادبى	د . محسن جاسم الموسوى
ديلان توماس	اشراف س . بى . كوكس
الانسان ذلك الكائن الفريد	جول ويست
الرواية الحديثة	بول لويس
المسرح المصرى المعاصر	د . عبد المعطى شعراوى
على محمود طه	انور المعداوى
القوة النفسية للاهرام	بيل شول وادبنيت
فن الترجمة	د . صفاء خلوصى
تولستوى	رالف ئى ماتلو
ستندال	فيكتور برومبير

رسائل واحاديث من المنفى	فيكتور هوجو
الجزء والكل (محاورات فى مضمار الفيزياء الذرية)	فيرنر هيزنبرج
التراث الغامض ماركس والماركسيون	سدنى هوك
فن الأدب الروائى عند تولستوى	ف · ع · أدنيكوف
أدب الأطفال	هادى نعمان الهيتى
احمد حسن الزيات	د · نعمة رحيم العزاوى
أعلام العرب فى الكيمياء	د · فاضل احمد الطائى
فكرة المسرح	جلال العشرى
الجحيم	هنرى باربوس
صنع القرار السياسى	السيد عليوه
التطور الحضارى للانسان	جاكوب برونوفسكى
هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال	د · روجر ستروجان
تربية الدواجن	كاتى ثير
الموتى وعالمهم فى مصر القديمة	ا · سبنسر
النحل والطب	د · ناعوم بيتروفيتش
سبع معارك فاصلة فى العصور الوسطى	جوزيف داهموس
سياسة الولايات المتحدة الأمريكية ازاء مصر ١٨٣٠ ـ ١٩١٤	د · لينوار تشامبرز رايت
كيف تعيش ٣٦٥ يوما فى السنة	د · جون شندلر
الصحافة	بيير البير
اثر الكوميديا الالهية لدانتى فى الفن التشكيلى	الدكتور غبريال وهبه
الأدب الروسى قبل الثورة البلشفية وبعدها	د· رمسيس عوض
حركة عدم الانحياز فى عالم متغير	د· محمد نعمان جلال
الفكر الأوروبى الحديث (٤ ج)	فرانكلين ل · باومر
الفن التشكيلى المعاصر فى الوطن العربى ١٨٨٥ ـ ١٩٨٥	شوكت الربيعى
التنشئة الأسرية والأبناء الصغار	د· محيى الدين أحمد حسين

نظريات الفيلم الكبرى	تأليف : ج· دادلى اندرو
مختارات من الأدب القصصي	جوزيف كونراد
الحياة في الكون كيف نشأت وأين توجد؟	د· جوهان دورشنر
حـــرب الفضـــاء	مجموعة من العلماء الأمريكيين
ادارة الصراعات الدوليـة	د · السـيد عليـوة
الميكروكمبيـــوتر	د · مصطفى عنـانى
مختارات من الأدب الياباني	صـــبرى الفضـــل
الفكر الأوروبي الحديث (٣ ج)	د· أحمد حمدي محمود
تاريخ ملكية الأراضي في مصر الحديثة	جابرييـــل بايـر
اعلام الفلسفة السـياسية المعاصرة	انطـونى دى كرسبنى وكينيث مينـــوج
كتـابة السـيناريو للسينما	دوايت ســـوين
الزمن وقيـــاسه	زافيلسـكى ف · س
اجهـزة تكييف الهـــواء	ابراهيم القرضـاوى
الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعي	بيتــر رداى
سبعة مؤرخين في العصور الوسطى	جـوزيف داهموس
التجـــربة اليـــونانية	س · م بـورا
مراكز الصناعة في مصر الاســلامية	د· عاصم محمد رزق
العـلم والطـلاب والمدارس	رونالد د · سمبسـون ونورمان د· اندرسون
الشـــارع المصرى والفـكر	د · أنور عبد الملك
حوار حول التنمية الاقتصادية	والت روستو
تبسـيط الكيميـــاء	فرد · س · هيس
العـادات والتقاليد المصرية	جـون بوركهـارت
التـــذوق الســينمائي	آلان كاسـبيار
التخطيط الســـياحي	سامى عبـد المعطى
البـــذور الكونيـة	فريد هـــويل شاندرا ويكراما سينج
دراما الشاشة (٢ ج)	حسين حلمى المهندس
الهيـروبين والايـدز	روى روبرتســون
صـــور افريقيـــة	دوركاس ماكلينتـوك
نجيب محفوظ على الشاشة	هاشـم النحـاس

الكمبيوتر فى مجالات الحياة	د. محمود سرى طه
المخدرات حقائق اجتماعية ونفسية	بيتر لورى
وظائف الأعضاء من الألف الى الياء	بوريس فيدروفيتش سيرجيف
الهندسة الوراثية	ويليام بينز
تربية اسماك الزينة	ديفيد الدرتون
كتب غيرت الفكر الانسانى (٣ ج)	أحمد محمد الشنوانى
الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)	جمعها : جون ر. بورر وميلتون جولدينجر
الفكر التاريخى عند الاغريق	ارنولد توينبى
قضايا وملامح الفن التشكيلى	د . صالح رضا
التغذية فى البلدان النامية	م.هـ . كنج وآخرون
بداية بلا نهاية	جورج جاموف
الحرف والصناعات فى مصر الاسلامية	د. السيد طه أبو سديرة
حوار حول النظامين الرئيسيين للكون	جاليليو جاليليه
الارهاب	اريك موريس ، آلان هو
اخناتون	سيريل الدريد
القبيلة الثالثة عشرة	آرثر كيستلر
الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)	د. احمد حمدى محمود
الأساطير الاغريقية والرومانية	أحمد رضا
تاريخ العلم والتكنولوجيا	رودريجو فارتيما
التوافق النفسى	توماس ا . هاريس
الدليل الببليوجرافى	مجموعة من الباحثين
لغة الصورة	روى ارمز
الثورة الاصلاحية فى اليابان	ناجاى متشيو
العالم الثالث غدا	بول هاريسون
الانقراض الكبير	ميخائيل ابى ، جيمس لفلوك
تاريخ النقود	فيكتور مورجان
التحليل والتوزيع الاوركسترالى	اعداد محمد كمال اسماعيل
الشاهنامة (٢ ج)	الفردوسى الطوسى
الحياة الكريمة (٢ ج)	بيرتون بورتر
قيام الدولة العثمانية	محمد فؤاد ، كوبريلى

عن النقد السينمائى الأمريكى	ادوارد ميرى
ترانيم زرادشت	اختيار / د· فيليب عطية
السينما العربية	اعداد / مونى براخ وآخرون
دليـل تنظيـم المتـاحف	آدمز فيليب
سقوط المطر وقصص اخـرى	نادين جورديمر
جماليـات فن الاخـــراج	زيجموند هبنر
التاريخ من شتى جوانبه ٣ ج	ستيفن أوزمنت ،
الحملة الصليبية الأولى	جوناثان ريلى سميث
التمثيل للسينما والتليفزيون	تاليف / تونى بار
العثمانيون فى اوربا	بول كـولنر
الكنائس القبطية القديمة فى مصر ٢ ج	الفريد ج· بتلر
رحلات فارتيما	ر·ح· فوريس
انهم يصنعون البشر	فانس بكارد
فى النقد السينمائى الفرنسى	اختيار / د· رفيق الصبان
السـينما الخيالية	بيتـر نيكوللز
السـلطة والفرد	برتراند راسل
الأزهر فى الف عام	بيارد دودج
رواد الفلسفة الحديثة	ريتشارد شاخت
سفر نامه	ناصر خسرو علوى
مصر الرومانيـة	نفتالى لويس
كتابة التاريخ فى مصر ق ١٩	جاك كرابس جونيـور
الاتصال والهيمنة الثقافية	هربرت شيلر
مختارات من الآداب الآسيوية	اختيار / صبرى الفضل
الكاتب الحديث	ج·س·فريزر
الشموس المتفجرة	اسحق عظيموف
مدخل الى علم اللغة	لوريتو تود
حديث النهر	ترجمة / سوريال عبد الملك
من هم التتـار	د· ابراز كريم الله
ماستريخت	اعداد / جابر محمد الجزار
معـالم تاريخ الانسانية ٤ ج	هـ · ج ولز
ما بعد الحداثة	مارجريت روز

حضارة الاسلام	جوستاف جرونيباوم
الحملات الصليبية	ستيفن رانسيمان
الطفل ٢ ج	أرنولد جزيل وآخرون
الكون ذلك المجهــول	جلال عبد الفتــاح
افريقيا الطــريق الآخــر	بادى اونيمود
فن الزجــــاج	محمــد زينهم
رحــلة بيرتون ٣ ج	رتيشارد ف • بيرتون
السحر والعلم والدين	د• فيليب عطية
الحضارة الاسلامية فى القرن الرابع الهجرى	ادمز متــز
رحــلة فاسكو دا جاما	فاسكو داجاما
كوننــــا المتمــدد	ايفــرى شاتزمان
الفلسفة الجــوهرية	ســوندراى
حـــرب المستقبل	مارتن فان كريفــلد
الاعــلام التطبيقى	فرانسيس ج• برجين
تبسيط المفاهيم الهندسية	ج كارفيــل
فن المايم والبــانتومايم	توماس ليبهارت
تحول السلطة	الفين توفلر
التفكير المتجدد	ادوارد وبوتو
السيناريو فى السينما الفرنسية	كريستيان سالين
فن الفرجة على الأفلام	جوزيف • م• بوجز
خفايا نظام النجم الأمريكى	بول وارن

نبـــذة عن المـؤلف

ولد اسحق عظيموف ، الرائد العالمى للخيال العلمى ، فى ١٩٢٠ بالقرب من سمولينسك بروسيا . وقد انتقل به أهله الى الولايات المتحدة وهو فى الثالثة من عمره واستقروا فى حى بروكلين بنيويورك ، حيث ، التحق بالمدرسة الابتدائية · وكان عظيموف ، الذى حصل على الجنسية الأمريكية وهو فى الثامنة من عمره ، يتمتع بذاكرة فائقة مكنته من انهاء المرحلة الثانوية قبل السادسـة عشرة من عمره · ثم التحق بجـامعة كولومبيـا حيث تخصص فى الكيمياء على غير رغبة والده الذى كان يود أن يدرس الطب · وبعد التخرج انضم عظيموف الى صفوف الجيش لفترة قصيرة ، ومالبث بعدها أن حصل على درجة الدكتوراه فى ١٩٤٩ · وقد عين مدرسا لمادة الكيمياء الحيوية فى كلية الطب بجامعة بوسطن حيث حصل على لقب أستاذ مساعد فى عام ١٩٥٥ لما انجزه من أبحاث فى مجال الحمض النووى غير أن التزامات البحث العلمى بدأت تطغى بشكل متزايد على ميوله الأدبية ، فقرر فى عام ١٩٥٨ الاستقالة ليتفرغ تماما للتاليف مع المحافظة على صلته بالجامعة ·

وقد بدأ عظيموف مجلة الرائع ككاتب للخيال العلمى فى عام ١٩٣٩ بقصة قصيرة نشرتها مجلة Amazing Stories بعنوان Marooned off Vesta وصار بعد ذلك يكتب بانتظام للعديد من مجلات الخيال العلمى ومنها Super Science Etories Astonishing Stories Astounding Galaxy وقد فاز عظيموف بجائزة « هوجو » ثلاث مرات وبجائزة Nebula مرة واحدة. وكان كاتباً غزير الانتاج بجميع المقاييس، حيث يصل رصيده الى ٣٠٠ كتاب علاوة على بضع مئات من المقالات · والى جانب أعماله العالمية الشهيرة فى مجال الخيال العلمى ، كتب عظيموف العديد من القصص البوليسية المثيرة ، وكتاب « تاريخ أمريكا الشمالية ، فى أربعة أجزاء ، وكتاب « الدليل الى التوراه » فى جزءين ، فضلا عن عدد من القواميس والموسوعات والمراجع وقائمة من الكتب الشيقـة فى شتى جوانب العلم ، علاوة على كتابين فى السيرة الذاتية .

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١١٢٠٤/١٩٩٥

ISBN — 977 — 01 — 4639 0

يضم هذا الكتاب مجموعة رائعة من المقالات العلمية القيمة يطرح فيها «بلزاك العلوم» لعامة القراء وللطالب المجتهد بعض أسرار الطبيعة والكون ويشرح:

كيف سيفنى العالم وكيف سينشأ كون جديد من انقاض الكون الفانى

كيف يعد النجم الشمسى مصدر الطاقة لماكينة الحياة على الأرض وكيف يمكن استغلال هذه الطاقة فى تشغيل الماكينات الميكانيكية المبتكرة كذلك.

كيف ساعد «اكليل الأوانى» الشهير صممه اليساندرو فولت على فهم اسرار الكهرباء.

قصة اكتشاف الفيتامينات وماهية هذه العناصر الدقيقة وكيف يستفيد الجسم البشرى منها.

يثبت هذا الكتاب الثالث والعشرين فى سلسلة الكتاب التى ألفها اسحق عظيموف مدى قدرة هذا الكاتب الفذ على شرح الألغاز الحقيقة لهذا الكون بأسلوب بسيط وسلس

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب